

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



T E S I S

**PROPORCIÓN DE FRAMBUESA, SACAROSA Y AGAR - AGAR, DE UNA
GELATINA VEGETAL, EVALUANDO SUS CARACTERÍSTICAS
FISICOQUÍMICAS**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR LA BACHILLER:

LESLY CHÁVEZ AGUILAR

ASESORES:

Ing. Mtr. MAX SANGAY TERRONES

Ing. LILI EDIT CARUAJULCA VARGAS

CAJAMARCA – PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador: LESLY CHÁVEZ AGUILAR
DNI: 75571568
Escuela Profesional/Unidad UNC:
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

2. Asesor: ING. MTR. MAX EDWIN SANGAY TERRONES
Facultad/Unidad UNC: CIENCIAS AGRARIAS
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:

PROPORCIÓN DE FRAMBUESA, SACAROSA Y AGAR - AGAR, DE UNA GELATINA VEGETAL, EVALUANDO SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS.

6. Fecha de evaluación: 15/10/2024
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 23 % de similitud general
9. Código Documento: OID: 3117:393129589
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:

 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 15/10/2024

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 ING. MTR. MAX EDWIN SANGAY TERRONES DNI: 10492305



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, al primer día del mes de octubre del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 302-2024-FCA-UNC, de fecha 17 de julio del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"PROPORCIÓN DE FRAMBUESA, SACAROSA Y AGAR - AGAR, DE UNA GELATINA VEGETAL, EVALUANDO SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS"**, realizada por la Bachiller **LESLY CHÁVEZ AGUILAR** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las nueve horas y cinco minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de diecisiete (17); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las diez horas y quince minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachín Chávez
PRESIDENTE

Dr. Jimmy Frank Oblitas
SECRETARIO

Dr. José Gerardo Salhuana Granados
VOCAL

Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones
ASESOR

Ing. Lili Edith Caruajulca Vargas
ASESORA

DEDICATORIA

A mis padres. Este logro es un testimonio de su inmenso amor y dedicación. Valoro mucho las lecciones de vida que me han impartido y por el cariño que siempre me han brindado. Mi gratitud hacia ustedes es imposible de expresar. Esta tesis es un tributo a su legado y a la eterna admiración que siento por ustedes, gracias por ser los mejores padres del mundo. Y para mis increíbles hermanas: Gracias por enseñarme que la vida es más divertida cuando hay compañía. Esta tesis es el resultado de años de compartir risas, secretos y un mundo de buenos momentos. Las amo ¡Este logro es de ustedes también!

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, por guiarme a lo largo de este camino y ser mi fortaleza en los momentos de dificultad para continuar en el camino de obtener uno de los anhelos más deseados. Agradezco a mis asesores, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de todo el proceso, quienes me han guiado con paciencia y rectitud.

Y finalmente agradezco a mis amados padres, por su amor, apoyo y sacrificio en mi viaje educativo, sus palabras de aliento, perseverancia y ejemplo constante han sido mi inspiración.

ÍNICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción del Problema.....	2
1.2. Formulación del problema (pregunta de investigación)	3
1.3. Justificación de la investigación	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA	6
2.1. Antecedentes de la investigación	6
2.2. Bases teóricas	9
2.1.1. Gelatina	9
2.1.2. Agar - agar.....	10
2.1.3. Frambuesa	11
2.1.4. Sacarosa.....	14
2.1.5. Evaluación fisicoquímica	15
2.3. Definición de términos básicos	20
2.3.1 <i>Gelatina vegetal</i>	20
2.3.2 <i>Agar – agar</i>	20
2.3.3 <i>Frambuesa</i>	21
2.3.4 <i>Sacarosa</i>	21
2.3.5 <i>Análisis fisicoquímico</i>	20

III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Ubicación.....	23
3.2. Materiales	23
3.3. Metodología.....	24
3.3.1 Variables.....	24
3.3.2 Diseño experimental, arreglo de los tratamientos.....	25
3.3.3 Descripción del proceso experimental.....	26
3.3.4 Evaluaciones a realizar	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	31
V. CONCLUSIONES	54
VI. RECOMENDACIONES	55
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	56
VIII. ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Valor nutricional de agar - agar por cada 100 g.....	11
Tabla 2	Composición Química de la Frambuesa por 100 gramos.	14
Tabla 3	Tratamientos.....	25
Tabla 4	Resultados experimentales	31
Tabla 5	Significancia de los modelos lineal, cuadrático y cubico especial para la variable pH	34
Tabla 6	Coefficientes de regresión para pH en un modelo cuadrático ($R^2 = 0.83$; R^2 Ajustado = 0.69).....	35
Tabla 7	Optimización mediante la función valor crítico para la variable pH	38
Tabla 8	Significancia de los modelos lineal, cuadrático y cúbico especial para la variable dureza	40
Tabla 9	Coefficientes de regresión para dureza en un modelo cuadrático ($R^2 = 0.94$; R^2 Ajustado = 0.90).....	40
Tabla 10	Optimización mediante la función valor crítico para la variable dureza.....	43
Tabla 11	Significancia de los modelos lineal, cuadrático y cubico especial para la variable resiliencia	45
Tabla 12	Coefficientes de regresión para resiliencia en un modelo cuadrático ($R^2 = 0.90$; R^2 Ajustado = 0.83).....	45
Tabla 13	Optimización mediante la función valor crítico para la variable resiliencia.....	48
Tabla 14	Significancia de los modelos lineal, cuadrático y cubico especial para la variable adhesividad.....	50
Tabla 15	Coefficientes de regresión para adhesividad en un modelo cuadrático ($R^2 = 0.93$; R^2 Ajustado = 0.88).....	50
Tabla 16	Optimización mediante la función valor crítico para la variable adhesividad	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la Universidad Nacional de Cajamarca.....	23
Figura 2. Triángulo de las proporciones de la mezcla.....	26
Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de frambuesa deshidratada	28
Figura 4. Diagrama de flujo de la formulación de gelatina vegetal	29
Figura 5. Diagrama de Pareto para el pH de la gelatina Vegetal	35
Figura 6. Gráfico de contorno para la variable pH de la gelatina Vegetal	37
Figura 7. Diagrama de Pareto para la variable dureza de la gelatina Vegetal.....	41
Figura 8. Gráfico de contorno para la variable dureza de la gelatina Vegetal	42
Figura 9. Diagrama de Pareto para la variable resiliencia de la gelatina Vegetal	46
Figura 10. Gráfico de contorno para la variable resiliencia de la gelatina Vegetal.....	47
Figura 11. Diagrama de Pareto para la variable adhesividad de la gelatina Vegetal	51
Figura 12. Gráfico de contorno para la variable Adhesividad de la gelatina Vegetal.....	52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Panel de fotográfico.....	64
------------------------------------	----

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo determinar la proporción óptima de frambuesa, sacarosa y agar-agar en una gelatina vegetal, evaluando sus características fisicoquímicas. Se utilizó frambuesa roja, obtenida en el Mercado Central de Cajamarca, la cual fue deshidratada y molida en el Laboratorio de Análisis de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca. Se formularon gelatinas con diferentes porcentajes de frambuesa (20%-30%), agar-agar (20%-30%) y azúcar (50%-60%), empleando un diseño simplex con centroide ampliado. Se llevaron a cabo 12 tratamientos, evaluando el pH y las propiedades texturales (dureza, resiliencia y adhesividad). Los análisis estadísticos del diseño de mezclas mostraron que un modelo cuadrático explicó satisfactoriamente los efectos de los componentes en las propiedades fisicoquímicas, con un R^2 mayor al 80% y $p > 0.05$. Los análisis de Pareto indicaron que todos los componentes tuvieron efectos significativos, siendo el agar-agar clave en las propiedades texturales y el azúcar en el pH. Los rangos porcentuales que optimizaron las características fueron: para pH (23.51% frambuesa, 24.34% agar-agar, 52.14% azúcar), para dureza (18.96% frambuesa, 28.23% agar-agar, 52.81% azúcar), para resiliencia (26.41% frambuesa, 27.60% agar-agar, 45.99% azúcar), y para adhesividad (20.00% frambuesa, 20.10% agar-agar, 59.90% azúcar). Los valores óptimos obtenidos fueron un pH de 5.9, dureza de 52.37 g, resiliencia de 0.76 y adhesividad de 5.97 g. Se concluyó que las proporciones de los tres componentes tienen una influencia significativa en las características fisicoquímicas de la gelatina vegetal.

Palabras Clave: frambuesa, agar -agar, gelatina vegetal, optimización, diseño de mezclas, características fisicoquímicas.

ABSTRACT

The study aimed to determine the optimal proportion of raspberry, sucrose, and agar-agar in a vegetable gelatin by evaluating its physicochemical characteristics. Red raspberries were obtained from the Central Market of Cajamarca, dehydrated, and ground at the Food Analysis Laboratory of the School of Food Industries Engineering at the National University of Cajamarca. Gelatins were formulated with different percentages of raspberry (20%-30%), agar-agar (20%-30%), and sugar (50%-60%), using a simplex design with augmented centroid. Twelve treatments were carried out, evaluating the pH and textural properties (hardness, resilience, and adhesiveness). Statistical analysis of the mixture design showed that a quadratic model satisfactorily explained the effects of the components on the physicochemical properties, with an R^2 greater than 80% and $p > 0.05$. Pareto analysis indicated that all components had significant effects, with agar-agar being key to the textural properties and sugar influencing pH. The percentage ranges that optimized the characteristics were: for pH (23.51% raspberry, 24.34% agar-agar, 52.14% sugar), for hardness (18.96% raspberry, 28.23% agar-agar, 52.81% sugar), for resilience (26.41% raspberry, 27.60% agar-agar, 45.99% sugar), and for adhesiveness (20.00% raspberry, 20.10% agar-agar, 59.90% sugar). The optimal values obtained were a pH of 5.9, hardness of 52.37 g, resilience of 0.76, and adhesiveness of 5.97 g. It was concluded that the proportions of the three components have a significant influence on the physicochemical characteristics of the vegetable gelatin.

Keywords: raspberry, agar-agar, plant-based gelatin, optimization, mixture design, physicochemical characteristics.

I. INTRODUCCIÓN

Los postres de gelatina, por lo general, se elaboran con gelatina es una mezcla de péptidos extraída de los huesos y cartílagos de algunos animales como vacunos, porcinos y aves. Muchas personas no conocen su origen, sin embargo, es considerado como un postre nutritivo y de buen sabor, son muy consumidos debido a su sabor dulce y agradable, además por la sencillez de prepararla, comer gelatina es beneficioso para la salud ya que ayuda con la digestión, la piel y la salud ósea (Guzmán y Molina, 2014; Constantino, 2022).

La gelatina está presente en diferentes alimentos que se consumen a diario, siendo este el más comercializado en la industria de los alimentos, para la elaboración de postres. Es un alimento compuesto entre un 98% y 99% por colágeno, hasta los 25 años, el cuerpo produce colágeno de manera natural, para luego disminuir la producción, por tanto se busca obtenerla mediante la ingestión de algunos alimentos ricos en colágeno; entre estos alimentos se encuentra la gelatina (Constantino, 2022).

Los alimentos funcionales en los últimos tiempos han tenido un aumento importante, debido a que la población cada vez busca consumir alimentos que; además de un buen contenido de nutrientes, tengan mínimo una propiedad curativa, por lo general los vegetales son los primeros en contener propiedades curativas entre estos están el agar – agar y la frambuesa ya que ambos alimentos contienen propiedades nutritivas y curativas, entre estas están el contenido de antioxidantes (Auria y Solórzano, 2015).

Por otro lado, los riesgos de contaminación animal son cada vez más ya que estos producen problemas ambientales por los nocivos sistemas de producción ganadera: Por ejemplo, los animales rumiantes, utilizados para la producción de carne, representan una fuente importante de emisiones antropogénicas de metano. La huella de gases de efecto invernadero de la producción de carne de rumiantes es mucho mayor (entre 10 y 48 veces mayor) que la de

los alimentos ricos en proteínas de origen vegetal (Vaz et al., 2016). Por lo descrito en este trabajo de investigación se determinó la proporción de frambuesa, sacarosa y agar - agar, de una gelatina vegetal, evaluando sus características fisicoquímicas.

1.1. Descripción del Problema

El consumo de postres como la gelatina en Perú es muy popular, debido a su fácil preparación y por contener colágeno es conocido como un postre nutritivo y de buen sabor, sin embargo, la gelatina normalmente es extraída de pieles, huesos y cartílagos de animales como; vacas, cerdos y de patas de pollo (Guzmán y Molina, 2014). Este postre muy conocido por la población puede contener diversos aditivos, conservantes y alto contenido de azúcares, que pueden afectar la salud por ejemplo el consumo de alimentos con alto contenido de azúcares producen enfermedades como diabetes, obesidad entre otras (Samodien et al., 2019).

Por otro lado, la población hoy en día busca alimentos de origen vegetal debido a la contaminación ambiental que se produce por los nocivos sistemas de producción ganadera, por lo que se busca otras fuentes de alimentos con similar composición para reemplazar a los productos de origen animal tales como de origen vegetal y algas y microalgas (Macário et al., 2022). Diversas investigaciones han estudiado nuevos ingredientes con propiedades gelificantes como por ejemplo las gomas vegetales como la carragenina, la goma Xanthan y la goma de Algarrobo, que pueden sustituir la gelatina de origen animal, estas causan menos proliferación de microorganismos en la mezcla en polvo envasada, y que además el proceso de gelificación es más rápido y no necesitan una temperatura constante para que sean efectivas en el proceso de gelificación (Guzmán y Molina, 2014)

Otro producto que sustituye a la gelatina animal, y que es poco conocido por la población, es la gelatina vegetal “AGAR-AGAR” un polímero gelatinoso, que consta de una mezcla de dos polisacáridos contenidos en la pared celular de las algas rojas de clase

Rhodophyceae, esta proteína de colágeno desnaturalizada, está compuesta por agarpectina y agarosa, siendo esta última el componente que le confiere la propiedad de gelificación, la mismo que se aísla como un producto amorfo y translúcido, es ampliamente utilizado en las industrias alimentarias y farmacéuticas, se comercializa en polvo, hojuela o trozos (Ferreira et al., 2019).

La población cada vez más busca consumir alimentos funcionales, por lo que ha motivado a los investigadores a estudiar alimentos que contengan alguna propiedad curativa además de sus propiedades nutritivas, entre estos alimentos esta la frambuesa, una frutilla con fuentes importantes de fenoles, antocianinas, ricas en vitamina C, potasio y otros minerales, además es fuente de proteína y fibras (Bórquez et al., 2010) y ácido elágico (Salinas et al., 2009).

Es por lo que, mediante la investigación se determinó la proporción de frambuesa, edulcorante y agar - agar en la formulación de una gelatina vegetal determinando las propiedades fisicoquímicas.

1.2. Formulación del problema (pregunta de investigación)

¿Cuál es la proporción de frambuesa, sacarosa y agar - agar, en la formulación de una gelatina vegetal, evaluando sus características fisicoquímicas?

1.3. Justificación de la investigación

Es importante en la actualidad tener conocimiento sobre las características fisicoquímicas de los alimentos, más aún de aquellos que están relacionados con la presencia de diferentes ingredientes, procesos, tipos de conservación y otras variables, para poder entender la percepción y aceptación de los productos alimenticios por parte de los consumidores.

Optimizar las proporciones de ingredientes clave en la formulación de una gelatina vegetal, centrándose en la frambuesa como fuente de sabor natural, la sacarosa como endulzante y el agar-agar como agente gelificante, es muy importante dado que el creciente interés por productos alimentarios de origen vegetal y saludables ha ido aumentando desmedidamente, la investigación responde a la necesidad de desarrollar alternativas a las gelatinas tradicionales a base de colágeno animal. Además, la evaluación de las características fisicoquímicas, como la textura y pH, permite determinar la influencia de cada ingrediente en la calidad del producto final, contribuyendo así al diseño de alimentos funcionales que satisfagan las demandas del mercado moderno y respeten las preferencias de los consumidores por opciones más naturales y sostenibles.

El diseño de mezclas es una metodología estadística utilizada para optimizar formulaciones en el desarrollo de nuevos alimentos, las variables independientes son proporciones de los ingredientes que suman una cantidad fija (generalmente el 100%). Esto lo hace particularmente adecuado para la formulación de alimentos, donde los ingredientes interactúan entre sí y afectan las propiedades sensoriales, fisicoquímicas y funcionales del producto final. Aplicando este diseño se busca encontrar la combinación óptima de ingredientes que maximice o minimice una respuesta deseada, como la textura y el pH.

Es por lo que el desarrollo de la presente investigación permite evaluar, medir, analizar e interpretar las características fisicoquímicas de la gelatina vegetal de frambuesa.

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Determinar la proporción de frambuesa, sacarosa y agar - agar, de una gelatina vegetal, evaluando sus características fisicoquímicas, siguiendo una metodología de diseño de mezclas.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de diferentes proporciones de frambuesa, agar – agar y azúcar sobre el pH de una gelatina vegetal.
- Determinar el efecto de diferentes proporciones de frambuesa, agar – agar y azúcar sobre las propiedades texturales de una gelatina vegetal.

1.5. Hipótesis

La gelatina con mejor pH y propiedades texturales son las formuladas con una proporción de: agar – agar 25 %, frambuesa 25 % y azúcar 50 %.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Llerena (2021) evaluó el uso de agar – agar como agente gelificante en las características organolépticas para la elaboración de la gelatina tallada en 3D, obteniendo como resultado que la composición de agar con una concentración del 0,35% desarrollo mejores propiedades organolépticas, por otra parte, el sabor y color no tuvieron resultados significativos, no obstante, la textura mantuvo una significancia considerable. Por lo tanto, esta investigación ayudará a establecer qué porcentaje de agar agar es adecuado para lograr un producto con resultados favorables y de esta manera poder determinar las características organolépticas del mismo.

Rodriguez (2014) desarrollo gomitas con pulpa de maracuyá con sustitución parcial de agar – agar por gelatina. Analizó estadísticamente las características organolépticas de las gomitas con pulpa de maracuyá tales como: color, olor, sabor y aceptabilidad mediante la aplicación de pruebas de análisis sensorial con un diseño de bloques incompletos. Estableciendo con 95% de confianza diferencias significativas en las características organolépticas del producto estableciendo que para obtener una gomita de adecuada textura, similar con un producto comercial en cuanto a dureza, adhesividad, cohesividad, elasticidad y masticabilidad, la proporción de agar-agar influye en dichas características, razón por la cual, el tratamiento 15 correspondió como el mejor entre los tratamientos que fueron sujetos de estudio experimental con una proporción de sustitución de agar-agar del 62,5%. Por lo que es importante determinar exactamente las proporciones correctas de cada uno de los ingredientes involucrados en el proceso de producción de un producto, ya que estos inciden directamente en la calidad del mismo en cuanto a sus características fisicoquímicas y sensoriales.

Simón (2016) diseñó una versión nueva y saludable de un flan de chocolate y mermelada de naranja mejorando su perfil nutricional al incorporar agar - agar y sucralosa como edulcorante. Como resultado obtuvo que el 60 % de encuestados prefieren el producto, en cuanto al color, olor y sabor. El porcentaje de agar – agar en la formulación fue de 3.64 %. Por otro lado, encontró que el flan con agar - agar posee menor contenido de proteínas, grasas y valor energético que el tradicional al no agregar leche ni huevo y mayor nivel de fibra dietética otorgada por el ingrediente propuesto. Obtuvo un flan con bajo nivel calórico y elevado contenido de fibra, ideal para prevenir patologías de cursen con alteraciones metabólicas en la glucemia, lipidograma y obesidad como las que componen el Síndrome Metabólico prevalente en la actualidad, además puede ser indicado en casos de alergias o intolerancia a las proteínas de la leche y el huevo. Es importante conocer las propiedades de los ingredientes que serán utilizados en la elaboración de ciertos productos ya que ello orienta a encontrar la mejor proporción de cada uno.

Da Costa et al. (2020) evaluaron el impacto del agar y la goma gellan en la morfología, textura, liberación de compuestos orgánicos volátiles y aceptación sensorial de la guayaba estructurada (*guajavaL.*) barras. Las barras fueron elaboradas con pulpa de guayaba y agar (100%) o goma gelana baja en acilo y alta en acilo, en las proporciones baja en acilo/alta en acilo (p/p): 100/0, 75/25 y 50 /50, en la concentración total de 0,75% p/v con respecto a la pulpa. Los resultados obtenidos mostraron que la barra de guayaba formulada con agar presentó una adhesividad de 141,80 N/s, inferior a la obtenida por goma gelana baja en acilo 100/alta en acilo 0 (214,05 N/s) y superior a baja en acilo 75/alta en acilo 25 (59,39 N/s) y baja en acilo 50/alta en acilo 50 (54,38 N/s). Por otro lado, los consumidores mostraron mayor preferencia y aceptación por los atributos de apariencia y textura de las formulaciones que contenían agar y goma gelán baja en acilo / alta en acilo (100/0 y 75/25), con una disminución progresiva en los puntajes de aceptación a medida que aumentaba la proporción de goma gelán alta en acilo.

Esta investigación resalta la importancia de conocer la proporción adecuada de agar en la formulación de alimentos ya que influye en las propiedades organolépticas.

Maldonado y Singh (2008) formularon un producto alimenticio a partir de yacón por agregado de solutos: glucosa y sacarosa y combinación de barreras de estrés, y determinaron el efecto de gelificantes: agar - agar, pectina y goma arábica, en tres concentraciones: 0,30, 0,41 y 0,48%. Mediante la prueba sensorial se evaluó los parámetros más representativos de la textura la formulación que alcanzó valores de textura similares a la referencia fue: 0,48% de agar - agar; 12% de sacarosa; 17% de glucosa; 23% de agua; 996,75 ppm de metabisulfito; 498,50 ppm de ácido cítrico y 1435,7 ppm de benzoato de sodio. Concluyendo que la formulación estudiada con la incorporación de agar - agar al 0,48% para el dulce de yacón se encuentra dentro de los parámetros de textura buscados y cumple con los requisitos del Código Alimentario Argentino (CAA).

Celi (2019) elaboró un producto de confitería a partir del alga agar - agar, pulpa de arándano y extracto de yacón. Evaluó los atributos organolépticos mediante análisis sensorial de tres formulaciones con diferentes porcentajes de agar -agar, pulpa de arándano y extracto de yacón, a tiempos de deshidratación de 5, 6 y 7 horas, a una temperatura constante de 65°C y una velocidad de aire constante de 2 m/s. Encontró diferencias significativas entre tratamientos siendo la formulación 2, conformada por 15% de agar - agar, 60 % de pulpa de arándano y 25% de extracto de yacón, deshidratado por 7 horas, la de mayor aceptabilidad.

Bazauri Bazán (2022) evaluó la aceptabilidad y análisis proximal de gelatina a base de la microalga “cushuro” y maracuyá, formuló tres muestras con igual porcentaje de cushuro (78.5%), variando el porcentaje de agua y jugo de maracuyá. Obtuvo mayor aceptabilidad la muestra 3 con 0 % de agua y 11.5 % de jugo de maracuyá, ésta muestra contenía proteína (5.86g), lípidos (0.08g), fibra (0.07g), cenizas (0.90g), carbohidratos (4.38g) en base húmeda

(88.71) y proteína (51.90g), lípidos (0.75g), fibra (0.70g), cenizas (7.96g), carbohidratos (38.69g) en base seca (88.71g). De esta investigación se rescata la importancia de elaborar una gelatina vegetal con la sustitución de gelificantes diferentes a los procedentes de animales, y que tienen aceptabilidad por el público, por otro lado, permite tener una idea de la proporción de agar – agar para obtener una gelatina con buenas características sensoriales y fisicoquímicas.

2.2. Bases teóricas

2.1.1. Gelatina

La gelatina o grenetina es una sustancia se obtiene de la hidrólisis parcial del colágeno animal. Las partes de los animales que más se han utilizado para elaborar gelatina son las pieles de ganado vacuno y de cerdo, asimismo se utiliza el cartílago, huesos y tejido conjuntivo de los animales. La gelatina comestible que se comercializa es en polvo o gránulos, sin sabor, de color amarillo pálido. Está compuesta principalmente de proteína, con un pequeño porcentaje de sales minerales y agua (Rodríguez, 2017). Es termorreversible a temperatura ambiente, se coagula y cuaja, pero se convierte en fluido si es calentado a más de 27 °C (Ayala et al., 2018).

Tipos de gelatina. En el mercado hay dos tipos de gelatina una de origen animal y la otra de origen vegetal. La que se consume con mayor frecuencia es la primera, pero en la actualidad ha crecido la población vegetariana por lo que ha incrementado las investigaciones sobre gelatinas de origen vegetal, entre las más conocidas y con mayor aplicación en el campo de la industria alimentaria, están las que se derivan de las algas rojas posee un alto poder gelificante que viene a ser 10 veces mayor a la gelatina de origen animal es usado ampliamente como espesante en salsas y cremas. Actualmente en el mercado se puede encontrar en forma de polvo o fibras, usualmente en Repostería lo usan a manera de polvo (Ayala et al., 2018).

Valor nutricional. La gelatina está compuesta principalmente por proteína, contiene diferentes minerales entre ellos están el calcio, magnesio, silicio, yodo y fósforo, además

contiene gran parte de los aminoácidos y alto contenido de colágeno. Estas propiedades convierten a la gelatina en un alimento funcional (Ayala et al., 2018).

2.1.2. Agar - agar.

El Agar-Agar es un gel amorfo extraído de las paredes de las células y de los espacios intercelulares de ciertas especies de algas rojas, solo existen dos especies de algas rojas que son fuente de agar las especies *Gelidium* y *Gracilaria*, en el Perú solo se ha identificado la especie a *Gracilariopsis lemaneiformis* como cultivable (Silva y Noriega, 2019). Su nombre proviene del idioma malayo, donde agar - agar significa gelatina y como es costumbre en las culturas de la polinesia, se repite dos veces la palabra para dar más énfasis, siendo la traducción literal gelatina gelatina o pura gelatina (Cisneros, 2015). El agar es un tipo de polisacárido soluble en agua que tiene un copolímero alterno de β -D galactopiranosas con enlaces 3 y 3-6-anhidro- α -L-galactopiranosas con enlaces 4, con propiedades gelificantes que produce geles termo resistibles y de alta resistencia, es utilizado ampliamente en la industria alimentaria (Yin et al., 2018; Da Costa et al., 2020). Es utilizado como aditivo gelificante y espesante en la formulación de diversos alimentos.

El agar - agar generalmente se presenta en forma de polvo, se puede moldear dando una textura termo-irreversible, brillante y resistente al calor por lo que es apropiada para hacer gelatinas calientes. Esto es gracias a su gran histéresis térmica, que significa la diferencia entre el punto de fusión del gel (más de 85°C) y el de su solidificación (40 °C), se deben usar líquidos con pH menor a 2 (tomate, limón). El uso es diferente a la gelatina animal que debe ser hidratada primero con agua fría y luego fundida, el agar-agar simplemente se disuelve en el líquido y se levanta la temperatura a más de 90°C hasta que rompa el hervor y se espera un par de minutos (Celi, 2019).

Características del Agar – Agar. Es incoloro con alto poder gelificante y la gelatina que forma es muy semejante en su aspecto a la de los huesos, a pesar de su muy diferente naturaleza química, presenta mayor viscosidad que la gelatina animal, comparadas en soluciones de la misma concentración, es soluble en agua, no aporta aroma ni sabor, no aporta calorías, ligeramente saciante y laxante, gelifica entre 35 y 43 °C y se funde en un intervalo de 85 a 95 °C (Celi, 2019).

Propiedades. El agar – agar presenta diversas propiedades medicinales y nutricionales por su contenido en fibra prebiótica y por su alto contenido en minerales: potasio, magnesio, yodo y calcio, además aporta importantes cantidades de hierro y fósforo. Este superalimento es ideal para depurar el organismo mediante la limpieza y alcalinización de la sangre, además de prevenir la obesidad, colesterol y estreñimiento (Celi, 2019).

Valor Nutricional. El valor nutricional del agar – agar deshidatado se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1

Valor nutricional de agar - agar por cada 100 g

Componente	Contenido	Componente	Contenido
Energía	6.12 Kcal.	Fibra	0.15 g
Proteína	0.12 g	Calcio	12.50 mg
Grasa total	0.01 g	Hierro	0.43 mg
Colesterol	0 mg	Vitamina B12	0.10 µg
Glúcidos	1.62 mg	Folato	11.60 µg

Nota: Tomado de (Celi, 2019).

2.1.3. Frambuesa

Origen. La frambuesa tiene sus orígenes en forma silvestre en Grecia, los romanos fueron los que extendieron el cultivo por Europa (Gargate, 2019). Los frutos de frambuesa son

similares a las moras en forma y tamaño, redondos, pequeños y de color rojo, pertenecen a la familia de las rosáceas. Son jugosos y comestibles, tienen un sabor agridulce muy agradable para el paladar. Contienen elevadas cantidades de agua por lo que tienden a deteriorarse fácilmente (Bórquez et al., 2010). Es conocida comercialmente como un *berrie*, junto con el arándano, la grosella y la zarzamora. Se le considera una fruta selecta, debido a su apariencia, sabor y tamaño. Estas características son reconocidas a escala mundial, especialmente en Europa, en donde es estimada como una fruta fina. Además, aporta importantes beneficios para la salud: una taza de frambuesa proporciona el 40% de las necesidades diarias de vitamina C y el 32% de la fibra requerida diaria mente para el consumo humano (Ramírez-Gastón, 2007). Por otro lado, Chang et al. (2023) mencionan que la frambuesa es ampliamente distribuida y cultivada en China, por sus propiedades nutricionales y medicinales.

Clasificación taxonómica. Díaz (2020) menciona que la clasificación de la frambuesa es la siguiente.

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

Superdivisión: Spermatophyta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Género: Rubus

Especie: *Rubus idaeus* L.

Nombre científico: *Rubus idaeus*

Nombre común: Frambuesa.

Varietades de frambuesa. Las variedades se diferencian según las características del fruto, como el color y según la forma de fructiferar. Según el color existen cuatro variedades; roja, amarilla, púrpura y negra siendo la frambuesa roja la especie más cultivada a nivel mundial ya que destaca una gran importancia a nivel comercial (García et al., 2014; Morales, 2009).

Según su forma de fructiferar las variedades se clasifican en dos grupos Remontantes o Reflorecientes, y no Remontantes o no Reflorecientes; los primeros se producen al aire libre y producen 2 cosechas al año, mientras que los no remontantes producen una sola cosecha al año (García et al., 2014).

Composición química. La frambuesa es una fruta que aporta un alto contenido de fibra, de manera que mejora el tránsito intestinal. Así mismo aporta importantes cantidades de vitamina C. También es fuente de flavonoides, niacina, ácido fólico, vitamina E, ácido cítrico y ácido elálgico, por otro lado, contiene minerales como el potasio, el magnesio y el calcio, fósforo y hierro. Son fuentes de proteína, otros minerales, vitaminas y antioxidantes, entre los antioxidantes más importantes se encuentra las antocianinas (Mejía, 2016).

Tabla 2*Composición Química de la Frambuesa por 100 gramos.*

Componente	Cantidad	Componente	Cantidad
Agua	87 g	Sodio	3 mg
Calorías	40 Kcal	Zinc	0.3 mg
Proteínas	1.4 g	Ácido Ascórbico	32 mg
Grasas	0.3 g	Tiamina	0.03 mg
Carbohidratos	4.6 g	Rivoflavina	0.05 mg
Fibra	6,7 g	Ácido pantoteico	0.09 mg
Potasio	170 mg	Niacina	0.08 mg
Fósforo	31 mg	Vitamina B6	0.06 mg
Calcio	25 mg	Vitamina A	1 µg
Magnesio	19 mg	Vitamina E	0.48 mg
Hierro	0.7 mg		

Nota: tomado de (Mejía, 2016)

2.1.4. Sacarosa

La sacarosa es un edulcorante, aditivo alimentario que le proporciona un sabor dulce a los alimentos (Durán et al., 2013). Por otro lado, (Yus, 2016) menciona que los edulcorantes naturales son derivados de algunos vegetales entre ellos está el azúcar (sacarosa), jarabe de glucosa, miel, etc. La sacarosa es un disacárido formado por dos monosacáridos (2 monómeros) unidos entre sí, aporta energía y un sabor agradable. El azúcar común (sacarosa) que se consume habitualmente es derivado de la caña de azúcar. La caña está constituida principalmente por jugo y fibra, siendo la fibra la parte insoluble formada por celulosa. Entre los azúcares más sencillos se encuentran la glucosa y la fructuosa (denominados azúcares reductores). La calidad del azúcar crudo y de otros productos como el color y el grano (dureza) del dulce, dependen en buena parte, de la proporción de estos azúcares reductores, los cuales

cuando aumentan por causa del deterioro o la inmadurez de la planta pueden producir incrementos en el color y grano defectuosos en productos como la panela (Larrahondo, 2013).

2.1.5. Evaluación fisicoquímica

La evaluación fisicoquímica involucra la caracterización de los alimentos, haciendo énfasis en la determinación de su composición química, es decir, cuales sustancias están presentes en un alimento (proteínas, grasas, vitaminas, minerales, hidratos de carbono, contaminantes metálicos, residuos de plaguicidas, toxinas, antioxidantes, etc.) y en que cantidades estos compuestos se encuentran. El análisis fisicoquímico proporciona poderosas herramientas que permiten caracterizar un alimento desde el punto de vista nutricional y toxicológico (Méndez, 2020)

Los análisis fisicoquímicos pueden llevarse a cabo de manera apropiada, si el laboratorio cuenta con guías internas (Manual) elaboradas de acuerdo con los equipos y materiales que este disponga, para poder así abarcar la mayor cantidad de procedimientos para un control de calidad en el alimento o el grupo de alimento analizado todo enfocado a afianzar el proceso de aprendizaje (Porrás, 2018).

2.1.6. Análisis de perfil de textura (TPA)

El TPA es una prueba desarrollada por Szczesniak que simula el proceso de masticación y constituye una medición objetiva de la textura de los alimentos, ayuda a medir y cuantificar los parámetros de la textura como: dureza, gomosidad, masticabilidad, elasticidad, cohesividad entre otros, que se relacionan a su vez con variables como la tasa de deformación aplicada y la composición del producto (Hernández et al., 2016).

Para Zúñiga et al. (2007) el TPA es definido como el procedimiento instrumental fundamental para medir, cuantificar y desarrollar nuevos parámetros relacionados con la textura, aunque la magnitud de estos parámetros será influenciada por las variables introducidas

en las mediciones como la tasa de deformación y para que ellas puedan proveer información objetiva y que se pueda comparar es necesario ejecutar las mediciones bajo unas condiciones estandarizadas.

Por otro lado, Tunick (2000) lo define al análisis de perfil de textura como una prueba imitativa en la cual se pretende reproducir el masticado de un producto siendo útil en el proceso de control de calidad y manufactura de alimentos; sin embargo, no determina sus propiedades reológicas. El TPA correlaciona las pruebas objetivas con valores sensoriales y su forma en que se efectúan las pruebas son una ventaja importante frente a las antiguas medidas por medio de paneles sensoriales, además su versatilidad y precisión han desplazado este tipo de pruebas.

Textura. La textura es un parámetro primordial en la evaluación de la calidad y aceptabilidad de los alimentos, entre las características de textura, la dureza es uno de los parámetros más usados para determinar la calidad del alimento en términos de textura, es la superposición de la intensidad de respuesta sensorial a la sensibilidad, también es definida como la fuerza que ejerce la mandíbula, lengua y dedos (Chen y Opara, 2013). La textura juega un papel importante en la apreciación de una amplia gama de alimentos. Es una experiencia humana que surge de la interacción con el alimento al momento de manipular o comer, la primera sensación de textura del consumidor lo lleva a aceptar el alimento y las sensaciones finales al masticarlo lo llevan a ingerirlo, porque el alimento ha respondido a lo que el consumidor esperaba de él (Castro, 1999).

Para Bautista (2018) la textura abarca diferentes conceptos es por ello que cuando se desea evaluar la textura es necesario hacer un análisis de perfil de textura, en el cual se evalúan parámetros específicos que representan distintos aspectos de la textura, como parámetros primarios esta: la dureza, la adhesividad, la viscosidad, la elasticidad; como parámetros secundarios tenemos a: masticabilidad, fracturabilidad, gomosidad, fragilidad, resiliencia

entre otros, estos parámetros se obtienen mediante técnicas instrumentales, como el uso de texturómetros, o mediante evaluaciones sensoriales llevadas a cabo por paneles entrenados. Por esta razón la textura es definida por algunos autores como una propiedad multiparamétrica ya que podemos obtener en el análisis de un alimento todas las particularidades que influyen en él.

Resiliencia. La resiliencia mide la capacidad del alimento para recuperar su forma original después de ser comprimido por primera vez, es decir es una medida de la elasticidad en las primeras etapas de deformación, reflejando qué tan rápido un alimento regresa a su forma original cuando la fuerza de compresión es retirada; un alimento con alta resiliencia tiende a ser más elástico y recuperar rápidamente su forma, mientras que un alimento con baja resiliencia no se recupera fácilmente tras la compresión, quedando deformado, la resiliencia es relevante en alimentos como panes, gelatinas y otros productos que requieren una estructura esponjosa o elástica (Chen y Opara, 2013).

Adhesividad. También conocida como el área de fuerza negativa que se obtiene tras la primera compresión y que representa el trabajo necesario para separar el émbolo de compresión del alimento. Este valor es importante para productos como salsas, productos panificados o postres, donde una mayor adhesividad puede afectar la aceptabilidad del producto por parte del consumidor (Talens, 2017).

2.1.7. Formación de geles

Los geles son aquellas estructuras semisólidas formadas por una red tridimensional de polímeros (como proteínas, almidones o gomas) que atrapan agua u otros líquidos en su interior. Esta red le da al gel su firmeza y elasticidad. Los geles se utilizan en la industria alimentaria para mejorar la textura y estabilidad de productos como jaleas, yogures, salsas y postres (Hidalgo, 2013). La formación de geles ocurre cuando moléculas como proteínas,

almidones o gomas, dispersas en un líquido, se entrelazan para crear una red tridimensional que inmoviliza el líquido, transformando la mezcla en una estructura semisólida, este proceso puede ser inducido por cambios en temperatura (como en el caso de la gelatina), pH, o la adición de agentes gelificantes (como el agar-agar o pectinas). La interacción entre las moléculas, junto con la cantidad de agua retenida, determina las propiedades finales del gel, como su firmeza, elasticidad y estabilidad.

2.1.8. Análisis de un diseño de mezclas

El diseño experimental de mezclas permite aplicar el criterio que la suma de las proporciones de los componentes es el 100 % y la modificación de un porcentaje afecta los otros, en consecuencia, los factores experimentales son los componentes de la mezcla; y los resultados son funciones de tales proporciones y pueden optimizarse mediante la técnica del diseño de mezclas, los puntos de un diseño lártice simplex están distribuidos uniformemente sobre toda la región simplex (Caipo et al.,2015).

La característica distintiva de un diseño de mezclas consiste en que los factores controlables o independientes representan cantidades proporcionales de la mezcla en vez de cantidades no circunscritas a ella; donde las proporciones son expresadas por volumen, por peso o por fracción molar (Michue et al., 2015).

Para Gutiérrez y Román (2008) en los experimentos con mezclas, los factores son los componentes o ingredientes de una mezcla y, los niveles de dichos ingredientes no son independientes; en los experimentos con mezclas se tendrán q componentes o ingredientes y cada tratamiento en el experimento consiste en una combinación particular o mezcla de dichos ingredientes. Si se denotan por x_1, x_2, \dots, x_q , las proporciones en las que participan los componentes de la mezcla deben satisfacer dos restricciones:

$0 \leq x_i \leq 1$, para cada componente i

$$\sum_{i=1}^q x_i = x_1 + x_2 + \dots + x_q = 1$$

La primera indica que las proporciones tienen que ser cantidades entre cero y uno, y la segunda condiciona a que las q proporciones sumen siempre la unidad, lo cual causa que los niveles de los componentes x_i no sean independientes entre sí.

Los dos tipos básicos de diseños para estudiar el efecto de los componentes de la mezcla sobre la respuesta son el simplex-reticular (simplex-lattice) y el simplex con centroide (simplex-centroide).

- **El diseño simplex reticular $\{q, m\}$** considera q componentes y permite ajustar un modelo estadístico de orden m . Los puntos del diseño consisten en todas las posibles combinaciones de componentes o mezclas que se forman al considerar que las proporciones pueden tomar los $m + 1$ valores entre cero y uno dados por:

$$X_1 = 0, 1/m, 2/m, \dots, m/m$$

- **diseño simplex con centroide.** Se aplica con pocos componentes y consiste en $2^q - 1$ puntos definidos de la siguiente forma: las q mezclas puras, todos los puntos medios de las aristas definidas por cada dos vértices del simplex $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0, 0), \dots, (0, 0, \dots, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$; los centroides de las caras definidas por cada tres vértices del simplex: $(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}, 0, \dots, 0), \dots, (0, \dots, 0, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3})$; y así hasta obtener el centroide global $(\frac{1}{q}, \dots, \frac{1}{q})$. Por ejemplo, el simplex con centroide para $q = 3$ incluye las mezclas:

$$(x_1, x_2, x_3) = (1, 0, 0); (0, 1, 0); (0, 0, 1); (\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0); (\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}); (0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}) \text{ y } (\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3})$$

2.3. Definición de términos básicos

2.4. Adhesividad

La adhesividad es una propiedad textural de los alimentos que representa el trabajo necesario para vencer las fuerzas atractivas entre la superficie del alimento y los dientes, es la fuerza para despegar un material alimenticio de una superficie, como los dientes, la lengua o los utensilios, y está relacionada con la capacidad del alimento de adherirse a esas superficies durante el consumo, su determinación es importante en productos como geles, caramelos o cremas, donde una mayor adhesividad puede afectar la percepción del producto por parte del consumidor, haciéndolo más o menos agradable.(Szczesniak, 2002).

2.5. Agar – agar

El agar es un tipo de polisacárido soluble en agua que tiene un copolímero alterno de β -D galactopiranosas con enlaces 3 y 3-6-anhidro- α -L-galactopiranosas con enlaces 4, con propiedades gelificantes que produce geles termoresistibles y de alta resistencia, es utilizado ampliamente en la industria alimentaria (Yin et al., 2018; Da Costa et al., 2020).

2.3.1 Análisis fisicoquímico

Es el conjunto de métodos y técnicas que determinan la composición y características químicas y físicas de los alimentos, la aplicación de los análisis fisicoquímicos contribuye de manera crucial al desarrollo y a la comprensión del concepto de materia (Porrás, 2018).

2.3.2 Dureza

La dureza en alimentos es definida como la resistencia que presenta este alimento a ser deformado, comprimido o masticado, es decir es la fuerza requerida para penetrar o romper la estructura del alimento, puede influir en la percepción sensorial y en la aceptabilidad del alimento (Zúñiga et al., 2007).

2.3.3 *Frambuesa*

La frambuesa, fruta que pertenece al grupo de las rosáceas, se comercializa normalmente como un *berrie*. Se le considera una fruta muy importante, debido a su apariencia, sabor y tamaño, por otro lado aporta importantes beneficios para la salud: debido a su contenido de antioxidantes como la vitamina C, así mismo contiene fibra, carbohidratos y varios minerales y algunas vitaminas del complejo B (García et al., 2014).

2.3.4 *Gelatina vegetal*

La gelatina vegetal es una sustancia mucilaginoso de color blanco, sin olor y sin sabor, obtenida de origen no animal, generalmente se extrae de algunas algas como, por ejemplo, el agar – agar que se extrae de algas rojas. La gelatina vegetal gelifica diez veces más rápido que la gelatina de origen animal, ya que no requiere hidratación (Guzmán y Molina, 2014).

2.3.5 *Resiliencia*

Esta propiedad textural mide la capacidad que presenta un alimento para recobrar su forma original después de haber sido deformado, generalmente por una compresión o masticación rápida, un alimento con alta resiliencia va a recuperar su estado inicial rápidamente tras ser comprimido, por lo que suele asociarse con texturas elásticas o esponjosas, este parámetro es importante en productos como gelatinas, quesos y algunos productos de panadería, ya que influye en la percepción de frescura y calidad (Chen y Opara, 2013).

2.3.6 *Sacarosa*

Es un aditivo alimentario que estimulan el sentido del gusto produciendo un sabor dulce, edulcorante natural que contiene algunos nutrientes, mientras que los edulcorantes sintéticos o artificiales no aportan nutrientes al organismo. Los edulcorantes también son

considerados como agentes saborizantes ya que se emplean con el fin de modificar, potenciar o variar por completo el sabor de los productos alimentarios (Yus, 2016).

2.3.7 *Textura*

La textura en alimentos es la propiedad sensorial que describe las características físicas percibidas a través del tacto, la presión o la masticación, tiene una importancia primordial en la producción y aceptación de un alimento (Castro, 1999).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

Esta investigación se desarrolló en el laboratorio de Análisis de Alimentos de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicada en el Distrito, Provincia y Región Cajamarca, geográficamente se encuentra localizado entre las coordenadas 7° 10' 06" S Latitud Sur y 78° 29' 43" W Longitud Oeste, a una altitud de 2683 msnm. La ubicación se muestra en la Fig. 1.

Figura 1.

Ubicación de la Universidad Nacional de Cajamarca.



Nota. La figura muestra la ubicación de la Universidad Nacional de Cajamarca lugar donde se desarrolló la investigación. Tomado de Google Maps.

3.2. Materiales

3.2.1 *Materia prima e insumos*

Frutos de frambuesa Roja, se obtuvieron del mercado central de Cajamarca. Agar – Agar en polvo se obtuvo de la tienda de alimentación saludable “Kumara Market” ubicada en Av.

Vicente de la Vega – Chiclayo, Perú, y Azúcar blanco se adquirió en el mercado central de Cajamarca.

3.2.2 Equipos

Balanza analítica marca SARTOURIS[®], Estufa (Hot Air Oven DSO-300D, SERIE. 0711259)[®], molino de granos, Texture Analyzer CT3 marca BROOKFIELD[®] (accesorio de penetración cilíndrico de 2 mm de diámetro (TA39)), pHmetro BIOBASE[®].

3.2.3 Materiales

Recipientes, bandejas, papel aluminio, bolsas herméticas y cuchillos de acero inoxidable.

3.2.4 Otros Materiales Experimentales

Guantes látex, mascarilla, mandil, gorro, mesa de trabajo de acero inoxidable, papel toalla, alcohol, USB, tijera, lapicero, cuaderno.

3.3. Metodología

3.3.1 Variables

Independientes

- Proporción de frambuesa
- Proporción de agar – agar
- Proporción de sacarosa

Dependientes

- Características fisicoquímicas (pH, textura, resiliencia y adhesividad)

Tabla 3*Tratamientos*

Tratamientos	Frambuesa (g)	Agar – Agar (g)	Azúcar (g)
M1	20.00	25.00	55.00
M2	23.33	23.33	53.34
M3	20.00	30.00	50.00
M4	30.00	20.00	50.00
M5	20.00	20.00	60.00
M6	21.67	26.67	51.66
M7	23.33	23.33	53.34
M8	25.00	25.00	50.00
M9	21.67	21.67	56.66
M10	25.00	20.00	55.00
M11	23.33	23.33	53.34
M12	26.67	21.67	51.66

3.3.2 *Diseño experimental, arreglo de los tratamientos*

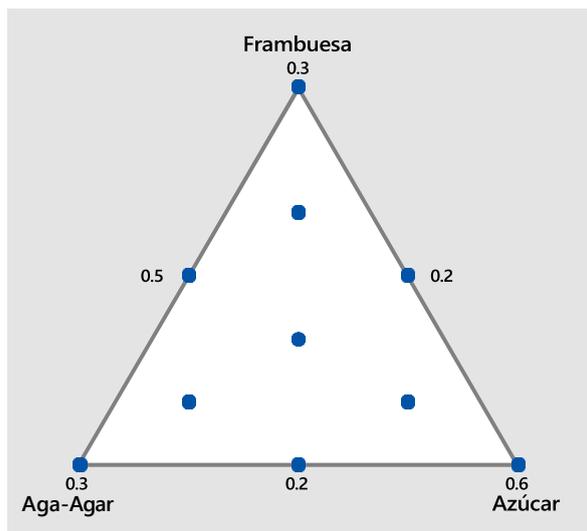
Con los tres componentes o ingredientes: frambuesa, agar - agar y azúcar y sus respectivos límites, se realizó el diseño de mezclas utilizando el programa estadístico Statistica versión 13; y se evaluó el efecto de esos tres componentes sobre las características o variables respuestas analizadas: pH, dureza, resiliencia y adhesividad.

Se utilizó el Diseño Simplex con Centroide Ampliado que corresponde a un diseño de mezclas de la metodología de superficie respuesta. El diseño corresponde a un triángulo que representa todo el universo de posibilidades de mezcla en proporción de los tres componentes (frambuesa, agar – agar y azúcar) (Figura 2); El análisis estadístico de regresión múltiple para evaluar el efecto de los ingredientes en las características fisicoquímicas de la gelatina vegetal fue realizado usando el programa Statistica versión 12.0 y requirió de un análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) de modelos de regresión lineal, cuadrático y cúbico, para escoger el modelo más significativo ($p < 0.05$) y de mejor ajuste ($R^2 > 0.80$) con el cual se construyó la superficie de

respuesta para determinar los rangos de los tres ingredientes que optimizan las variables respuesta (Caipo et al.,2015).

Figura 2.

Triangulo de las proporciones de la mezcla



Nota. Obtenida con el paquete estadístico Minitab 18

3.3.3 Descripción del proceso experimental

El procedimiento de la investigación se describe a continuación

Proceso para la obtención de la gelatina vegetal de frambuesa. Para esta experimentación se trabajó con frambuesa roja deshidratada y molida, con agar- agar en polvo y azúcar blanca, en diferentes niveles porcentuales. Las operaciones empleadas para obtener la gelatina son las que se describen a continuación:

Recepción de la materia prima: esta operación se llevó a cabo en el laboratorio de la escuela académico profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, la frambuesa del tipo (roja), se obtuvo por compra directa del mercado de Cajamarca. operación que se basó en un

control de calidad hecha a la materia prima en los atributos maduración y tamaño, además estar libre de daños mecánicos, e indicios de pudrición.

Pesado: todos los insumos que se recibieron fueron pesados con la finalidad de calcular las proporciones de cada insumo.

Acondicionamiento de la frambuesa

Selección y clasificación: se realizó para eliminar materia extraña y algunos frutos encontrados defectuosos, se seleccionó los frutos libres de algunos daños ocasionados por el proceso de comercialización y daños fisiológicos.

Lavado y desinfección: esta operación se efectuó con la finalidad de eliminar residuos presentes en los frutos de frambuesa.

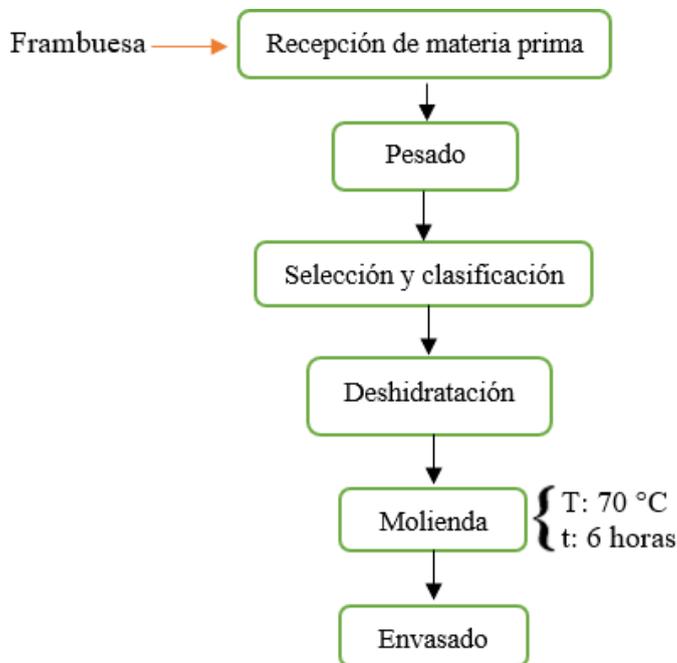
Deshidratado: esta operación se realizó en una estufa a 70 °C, en la cual se colocaron los frutos de frambuesa y se deshidrataron hasta una humedad de 12%.

Molienda: para esta operación se usó un molino de granos, con el objetivo de reducir el tamaño de partículas para una mejor homogenización.

Envasado: la fruta molida se envaso en una bolsa hermética para evitar transferencia de humedad, fue conservada a temperatura ambiente hasta su posterior uso.

Figura 3.

Diagrama de flujo para la obtención de frambuesa deshidratada



Formulación de la gelatina vegetal: se calculó las diferentes cantidades de cada uno de los ingredientes de acuerdo con las formulaciones de cada tratamiento según se muestra en la tabla N° 3.

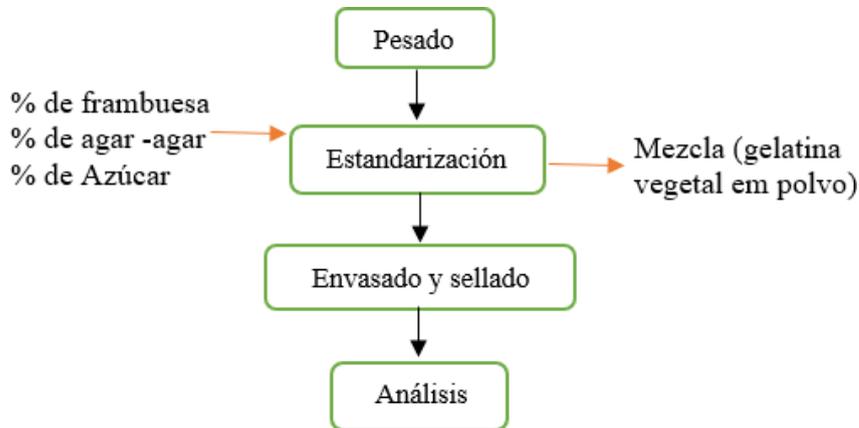
Pesado: se pesaron de manera individual cada ingrediente con su respectivo porcentaje en base a los diferentes tratamientos requeridos en este estudio.

Estandarización: consistió en mezclar la fruta molida, el agar-agar en polvo y el azúcar blanco, homogenizando de forma manual.

Envasado y sellado: se hizo de forma manual, se colocó 110 gramos de producto final en bolsas herméticas de 150 g de capacidad, y se conservaron a temperatura ambiente hasta su análisis.

Figura 4.

Diagrama de flujo de la formulación de gelatina vegetal



Nota: adaptado de (Guzmán y Molina, 2014)

3.3.4 Evaluaciones a realizar

Evaluación fisicoquímica. Para la evaluación fisicoquímica se consideró los siguientes métodos para cada variable.

- pH: la determinación de pH se hizo mediante un pHmetro de mesa BIOBASE; se disolvió 6.6 g de gelatina en polvo de cada tratamiento en 100 ml de agua hervida, a una temperatura de 50 °C, la dilución se dejó enfriar a temperatura ambiente y luego se procedió con la lectura.
- Propiedades texturales: Para la determinación de las propiedades texturales se utilizó un analizador de Texture Analyzer CT3, marca BROOKFIELD, se siguió el método descrito por Acosta (2023). Se peso 6.6 g la gelatina en polvo de cada tratamiento y se diluyo en 100 ml de agua hervida, la dilución fue colocada en frascos herméticos de 120 g de capacidad y fueron refrigerados durante 24 horas, luego se procedió con la lectura de resultados, los parámetros medidos fueron: dureza, resiliencia y adhesividad. Para el texturómetro se utilizó una sonda TA-10 y una base TA-BT-KIT. Las condiciones de

operación para el análisis por compresión se realizaron a una distancia de 4 mm y una velocidad 0.5 mm/s.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de las características fisicoquímicas de la gelatina vegetal

La gelatina es un coloide hidrofílico y se caracteriza por varias propiedades importantes que incluyen la textura como la adhesividad, dureza y resiliencia (Chen y Opara, 2013) otro parámetro que su evaluación resulta importante es el pH ya que puede afectar la capacidad de gelificación, la gelatina es más estable y forma geles más sólidos en un rango de pH específico; evaluar el pH permite garantizar que la gelatina alcance las condiciones óptimas para formar un gel adecuado (GMIA, 2019; Gomez-Guillen et al., 2011). En la tabla N° 4 se muestra los resultados experimentales. A continuación, se describe la evaluación de cada una de estas características fisicoquímicas y se determina la optimización de la combinación de los componentes en la mezcla.

Tabla 4

Resultados experimentales

Tratamientos	Frambuesa (%)	Agar - Agar (%)	Azúcar (%)	Dureza (g)	Resiliencia	Fuerza de adhesividad (g)	pH
M1	20.00	25.00	55.00	48.00	0.67	7	6.10
M2	23.33	23.33	53.34	43.78	0.73	4	5.96
M3	20.00	30.00	50.00	52.00	0.71	9	6.25
M4	30.00	20.00	50.00	20.00	0.36	6	6.34
M5	20.00	20.00	60.00	30.00	0.38	6	6.45
M6	21.67	26.67	51.66	50.00	0.66	7	5.88
M7	23.33	23.33	53.34	43.50	0.69	5	5.89
M8	25.00	25.00	50.00	43.49	0.71	6	5.91
M9	21.67	21.67	56.66	41.06	0.54	4	5.90
M10	25.00	20.00	55.00	26.00	0.34	3	6.07
M11	23.33	23.33	53.34	43.00	0.66	4	6.00
M12	26.67	21.67	51.66	40.16	0.47	3	6.14

4.1.1. Evaluación del pH

Los resultados para pH encontrados en este estudio están en un rango de 5.88 a 6.45 estos resultados están dentro del rango de pH establecido para la gelatinización, para Rosales (2023) la gelatina cuaja bien en rangos de pH de 3.8 a 8, sin embargo este rango de pH no se cumple para la gelatina de origen animal, por ejemplo Romero et al. (2023) reportó 4.9 de pH para gelatina extraída de la piel de mahi mahi y hace referencia que el rango de pH en gelatinas comestibles de origen animal es de 3.8 a 5.5, mientras que la gelatina de origen vegetal como por ejemplo el agar – agar el rango de pH en el que puede gelificar es más amplio, entre 3.5 y 8.0, pero es preferible un pH neutro o ligeramente ácido, se sabe que el agar-agar forma geles fuertes y estables a pH neutro o en condiciones levemente ácidas. Sin embargo, en medios muy ácidos ($\text{pH} < 3$), su capacidad gelificante disminuye, aunque sigue siendo más resistente que la gelatina de colágeno animal bajo condiciones ácidas (Xia et al., 2018). Existen diversos factores que dificultan la formación del gel, por ejemplo, al usar frutas muy ácidas la gelatinización ocurre muy lenta, por otro lado, las enzimas proteolíticas presentes en algunas frutas rompen las cadenas proteicas dificultando la formación del gel (Llerena, 2021). El tratamiento con mayor pH fue el M5 (mezcla de 20 % de frambuesa, 20 % de agar -agar y 60 % de azúcar), mientras que el pH de menor valor se obtuvo con el M6 (mezcla de 21.67 % de frambuesa, 26.67 % de agar – agar y 51.66 % de azúcar). Para Gomez et al. (2011) el pH de una gelatina puede aumentar con una mayor concentración de azúcar debido a los efectos de la interacción entre el azúcar y el agua en la solución, lo que influye en la actividad de los iones de hidrógeno (H^+) responsables del pH, al aumentar la concentración de azúcar en una formulación, se reduce la cantidad de agua libre disponible, lo cual afecta la capacidad del sistema para disociar los ácidos presentes, ya que el agua actúa como un solvente que facilita la ionización. Menos agua libre implica que los ácidos tienen menos capacidad de liberar iones H^+ , lo que puede resultar en un aumento del pH (menos ácido) (Llerena, 2021).

Es importante recordar que la estructura molecular de los gelificantes como el colágeno o el agar-agar está compuesta de largas cadenas que, al disolverse en agua y enfriarse, se alinean para formar una red tridimensional, cuando el rango de pH es ideal, estas moléculas tienen la carga adecuada para interactuar entre sí y formar enlaces intermoleculares firmes, lo que permite atrapar las moléculas de agua dentro de la red y formar un gel estable, pero si el pH está fuera del rango óptimo: por ejemplo, si el pH es muy ácido la carga de las moléculas cambia drásticamente, interfiriendo con la capacidad de las cadenas de formar enlaces adecuados, esto puede reducir la fuerza del gel o evitar su formación; si el pH es muy alcalino las cadenas se desnaturalizan, afectando la estabilidad del gel y resultando en una textura menos firme o inestable (Xia et al., 2018).

Se puede observar en la Tabla 5 que, tanto el modelo lineal como el cúbico poseen valores de $p > 0.05$, es decir no presentan significancia y por lo tanto no son válidos, sin embargo, al observar los parámetros para el modelo cuadrático, estos expresan significancia puesto que $p < 0.05$ y el valor de R^2 sobrepasa el 80 % necesario para el ajuste de datos a un diseño experimental (Caipo et al., 2015). Por tanto, sirve para modelar el pH puesto que es el modelo de mayor ajuste al comportamiento de la variable pH con $R^2 = 0.83$, el mismo valor se observa para el modelo cúbico sin embargo el p – valor es mayor a 0.05, es por ello que se descarta.

En la Tabla 6 se muestra a los coeficientes del modelo cuadrático que es el que más se ajusta al comportamiento de la variable de respuesta (pH), se observa que el efecto de las interacciones de las variables es significativo dado que sus valores de p son menores que 0.05, A partir de estos datos se obtiene un modelo matemático, en el cual se consideran todas las variables y es expresado de la siguiente manera:

$$\text{pH} = + 6.3818 * (\text{Frambuesa}) + 6.2263 * (\text{Agar} - \text{Agar}) + 6.3991 * (\text{Azúcar}) - 1.4356 * (\text{Frambuesa}) * (\text{Agar} - \text{Agar}) - 1.2501 * (\text{Frambuesa}) * (\text{azúcar}) - 1.0810 * (\text{Agar} - \text{Agar}) * (\text{Azúcar}) \dots \dots \dots (\text{Ec. 1})$$

Los signos positivos (+) en los coeficientes del modelo indican sinergia, mostrando que los efectos combinados o de interacción entre los ingredientes generan respuestas mayores cuando se mezclan. Asimismo, el signo negativo implica antagonismo entre los ingredientes, es decir que expresan respuestas menores en el pH de la gelatina (Siche et al., 2016). De acuerdo a Velásquez et al. (2014) señalan que las sinergias y antagonismos son notorios cuando en un experimento los modelos cuadráticos y cúbicos (cuyas ecuaciones cuentan con elementos de interacción entre las variables) explican la variable respuesta, de esta misma manera en este trabajo al evaluar los coeficientes del modelo cuadrático se observó que los tres ingredientes individualmente influyen positivamente en el pH mientras que sus interacciones duales no lo hacen.

Tabla 5

Significancia de los modelos lineal, cuadrático y cubico especial para la variable pH

Modelo	SC	GL	CM	SC Error	SC Error	SC Error	F	P	R²	R² Ajustado
Lineal	0.03	2.00	0.01	0.37	9.00	0.04	0.36	0.70	0.07	0.00
Cuadrático	0.30	3.00	0.10	0.07	6.00	0.01	8.94	0.01	0.83	0.69
Cubico especial	0.00	1.00	0.00	0.07	5.00	0.01	0.05	0.84	0.83	0.63
Total, ajustado	0.40	11.00	0.04							

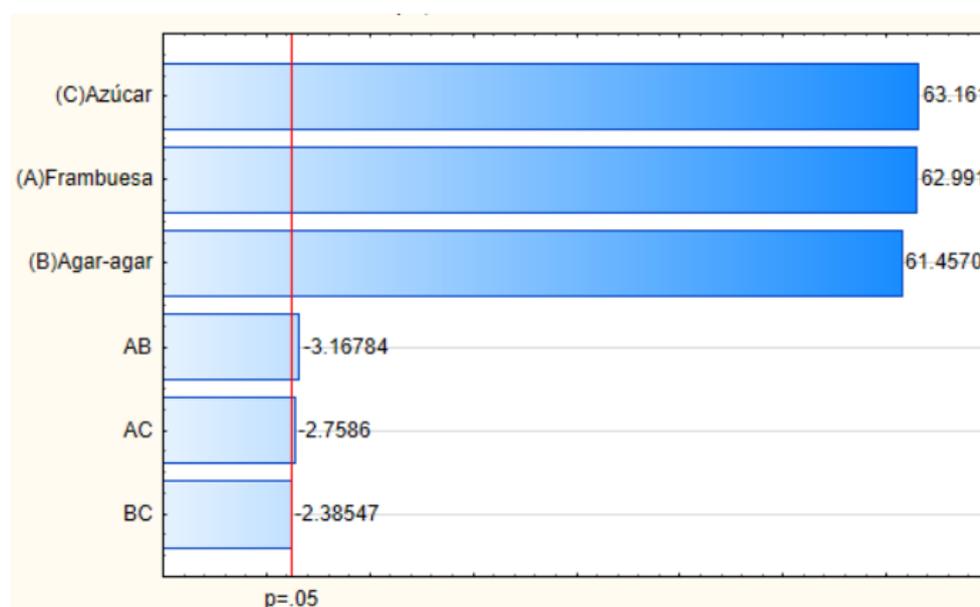
Tabla 6

Coefficientes de regresión para pH en un modelo cuadrático ($R^2 = 0.83$; R^2 Ajustado = 0.69)

Factor	Coefficiente	Error estándar	T	P	-95. % Cnf. Limt	+95. % Cnf. Limt
(A) Frambuesa	6.38180	0.101312	62.99142	0.000000	6.13390	6.629703
(B) Agar -Agar	6.22635	0.101312	61.45701	0.000000	5.97844	6.474249
(C) Azúcar	6.39907	0.101312	63.16191	0.000000	6.15117	6.646976
AB	-1.43556	0.453165	-3.16784	0.019372	-2.54441	-0.326701
AC	-1.25010	0.453165	-2.75860	0.032915	-2.35896	-0.141246
BC	-1.08101	0.453165	-2.38547	0.054361	-2.18986	0.027845

Figura 5.

Diagrama de Pareto para el pH de la gelatina Vegetal

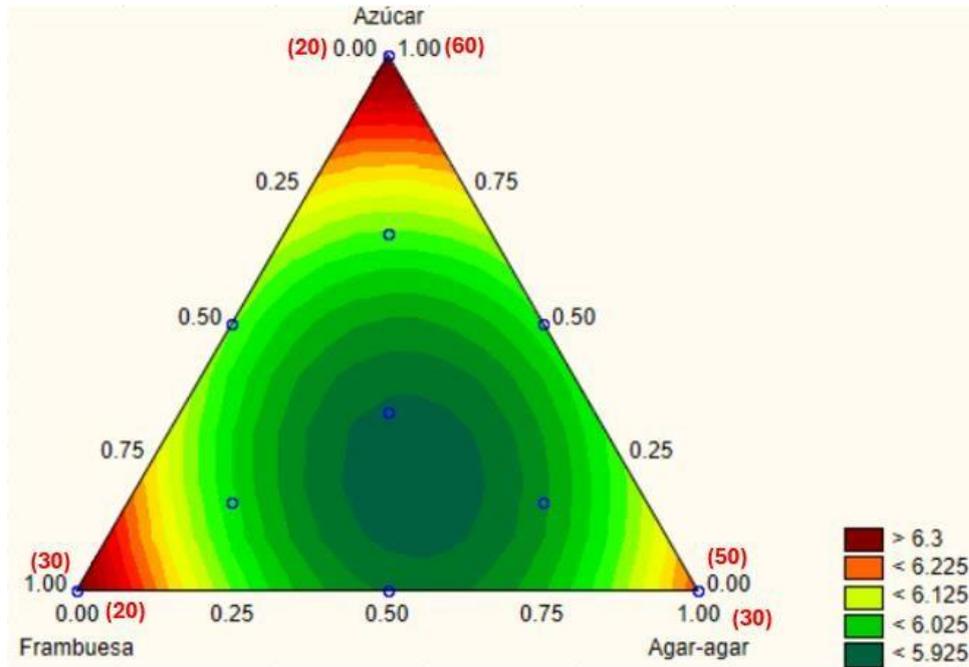


En la Figura 6 se observa que las gelatinas que contenían mayor porcentaje de azúcar y frambuesa tienen mayor valor de pH, claramente se observa en la región rojo intenso ubicada en ambas esquinas del triángulo, en esta región se ubica el pH mayor a 6.3, de acuerdo con los resultados (Tabla 4) el ensayo con mayor valor fue M5 con un valor de 6.45, la misma que estuvo conformada por 60 % de azúcar, 20 % de agar - agar y 20 % de frambuesa. Por su parte Badui (2006) menciona que el azúcar influye en el pH ya que este al disolverse en agua diluye

la concentración de hidrogeno, lo cual conlleva a una reducción de la concentración de ácidos presentes en la mezcla, ya que diluye la concentración de hidrogeno esto puede contribuir a un ligero aumento del pH; es por ello que la presencia del azúcar en una mezcla formulada con frambuesa que es un fruto con presencia de algunos ácidos orgánicos como ácido cítrico y ácido málico tiene un pH ácido, la gelatina tiene grupos funcionales que pueden actuar como amortiguadores (buffers) de pH, en presencia de azúcar, la estructura de la gelatina puede modificarse, afectando su capacidad para captar o liberar protones y cambiar el pH del sistema. Por otro lado, se observa que la influencia del agar - agar es ligeramente menor y esto se debe a que en la solubilidad en agua tiene valores de pH entre 6 a 8 (QUIMIPUR, 2014), es por ello que al aumentar el porcentaje de este componente en la mezcla se tiene valores de pH alrededor de 6.

Figura 6.

Gráfico de contorno para la variable pH de la gelatina Vegetal



En la Tabla 7 se presenta los valores porcentuales de cada ingrediente que optimizan el pH determinados por el valor crítico son los siguientes: 23.51 % de frambuesa, 24.34 % de agar – agar y 52.14 % de azúcar, con esta mezcla se logra alcanzar el máximo valor de pH 5.9, este valor obtenido está dentro del rango establecido para gelatinas. En la optimización se buscó maximizar el pH, debido a que la gelatina es una postre dulce, y en la formulación de la gelatina vegetal esta la frambuesa la cual le confiere mayor acidez a la mezcla haciendo que el pH disminuya, esto se debe principalmente a la presencia de ácidos orgánicos en los frutos de frambuesa como el ácido cítrico juntamente con otros ácidos se disocian en la solución liberando iones de hidrogeno provocando una disminución en el pH de la gelatina, lo cual influye en la formación de la red de gelificación (Gomez et al., 2011)

Tabla 7

Optimización mediante la función valor crítico para la variable pH

Factor	Mínimo observado	Valores críticos	Máximo observado
Frambuesa	0.200000	0.235132	0.300000
Agar- Agar	0.200000	0.243437	0.300000
Azúcar	0.500000	0.521431	0.600000

4.1.2. Evaluación de la dureza

Los resultados de dureza de la gelatina formulada en esta investigación fluctúan entre 20 y 52 g, este valor expresado en unidades de fuerza (gramos) se refiere a la resistencia de las muestras de gelatina a ser comprimidas. Los resultados mostraron un incremento consistente en la dureza de la gelatina a medida que aumenta la proporción de agar – agar (Tabla 4), siendo la formulación con el 30 % el que obtiene mayor dureza mientras que la formulación con 20 % le confiere menor dureza a la gelatina, esto indica que las propiedades mecánicas de la gelatina pueden ser ajustadas significativamente mediante la manipulación de la cantidad de agar - agar. Esto se debe a la naturaleza estructural y gelificante del agar – agar, este polisacárido compuesto principalmente de agarosa y agarpectina, forma geles cuando se disuelve en agua caliente y luego se enfría; al disolverse, las moléculas de agarosa se dispersan y, al enfriarse, se reorganizan para formar una red tridimensional de doble hélice que atrapa el agua, creando una estructura de gel firme (Yin et al., 2018; Da Costa et al., 2020). Otros estudios han revelado que la dureza del gel del agar – agar esta influenciado por factores como la concentración, pH y contenido de azúcar, cuando aumenta la concentración de azúcar el gel presenta mayor dureza (Auria y Solórzano, 2015), en esta investigación no se evidencio este fenómeno, en la Figura 7 se observa que el efecto de agar – agar sobrepasa la línea roja (valor critico) en mayor medida que los demás componentes, por tanto, el componente de mayor influencia fue la concentración de agar – agar; de la misma manera se observa los efectos de las interacciones entre la concentración de agar - agar con frambuesa y la interacción con el azúcar.

Se puede observar en la Tabla 8 que el modelo cúbico posee valor de $p > 0.05$, es decir no presenta significancia y por lo tanto no es válidos, sin embargo al observar los parámetros para el modelo cuadrático y lineal, estos expresan significancia puesto que $p < 0.05$ y el valor de R^2 sobrepasa el 80 % necesario (Caipo et al., 2015). Se puede notar que tanto el modelo lineal y modelo cuadrático presentan significancia, sin embargo, el coeficiente de determinación es más alto para el modelo cuadrático ($R^2 > 0.85$) que indica que este modelo puede predecir adecuadamente la dureza en el experimento (Velásquez et al., 2014).

En la Tabla 9 se muestra a los coeficientes del modelo cuadrático que fue elegido debido a que es el que más se ajusta ($R^2 = 90\%$) al comportamiento de la variable de respuesta (dureza), se observa que el efecto de las interacciones de las variables es significativo dado que sus valores de p son menores que 0.05, A partir de estos datos se obtiene un modelo matemático, en el cual se consideran todas las variables, y fue representado de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Dureza} = & + 21.1845 * (\text{Frambuesa}) + 50.9591 * (\text{Agar-Agar}) + 30.1109 * (\text{Azúcar}) + 38.0434 \\ & * (\text{Frambuesa}) * (\text{Agar} - \text{Agar}) + 14.3871 * (\text{Frambuesa}) * (\text{Azúcar}) + 33.9362 * (\text{Agar} - \\ & \text{Agar}) * (\text{Azúcar}) \dots\dots\dots (\text{Ec. 2}) \end{aligned}$$

Los signos positivos (+) en los coeficientes del modelo indican sinergia, mostrando que los efectos combinados o de interacción entre los ingredientes generan respuestas mayores cuando se mezclan. En este trabajo al evaluar los coeficientes del modelo cuadrático se observó que los tres ingredientes individualmente influyen positivamente en la dureza del mismo modo que sus interacciones duales. De acuerdo a Velásquez et al. (2014) las sinergias y antagonismos son notorios cuando para explicar la variable respuesta en un experimento se eligen los modelos cuadráticos y cúbicos (cuyas ecuaciones cuentan con elementos de interacción entre las variables).

Tabla 8

Significancia de los modelos lineal, cuadrático y cúbico especial para la variable dureza

Modelo	SC	GL	CM	SC Error	SC Error	SC Error	F	P	R2	R2 Ajustado
Lineal	821.74	2.00	410.87	231.04	9.00	25.67	16.00	0.00	0.78	0.73
Cuadrático	171.67	3.00	57.22	59.37	6.00	9.90	5.78	0.03	0.94	0.90
Cubico especial	8.21	1.00	8.21	51.16	5.00	10.23	0.80	0.41	0.95	0.89
Total ajustado	1052.79	11.00	95.71							

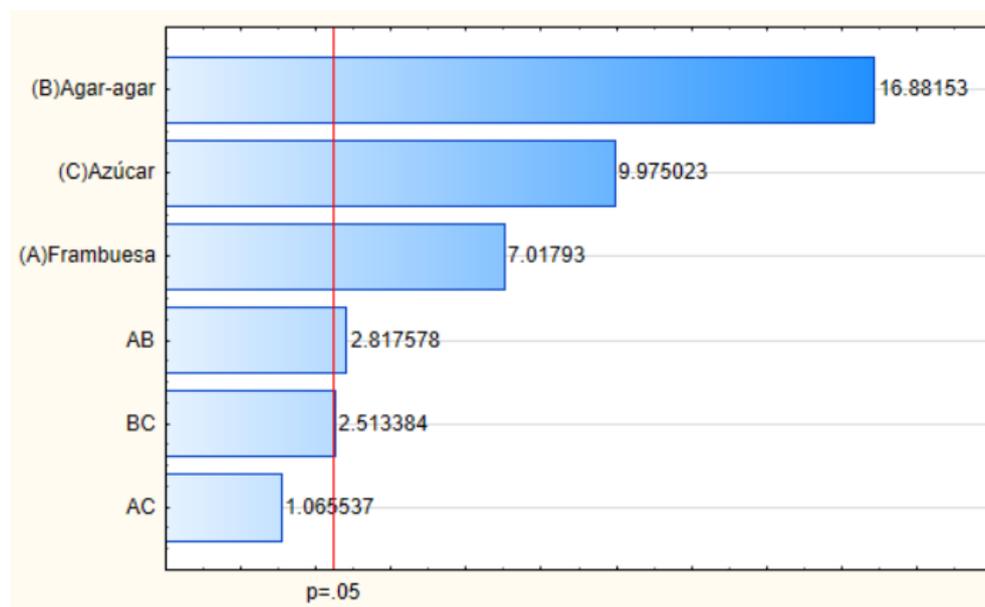
Tabla 9

Coefficientes de regresión para dureza en un modelo cuadrático (R2 = 0.94; R2 Ajustado = 0.90)

Factor	Coefficiente	Error estándar	T	p	-95. % Cnf.Limt	+95. % Cnf.Limt
(A) Frambuesa	21.18451	3.01863	7.01793	0.000418	13.7982	28.57083
(B) Agar -Agar	50.95906	3.01863	16.88153	0.000003	43.5727	58.34537
(C) Azúcar	30.11088	3.01863	9.97502	0.000059	22.7246	37.49719
AB	38.04343	13.50218	2.81758	0.030451	5.0048	71.08207
AC	14.38707	13.50218	1.06554	0.327621	-18.6516	47.42571
BC	33.93616	13.50218	2.51338	0.045694	0.8975	66.97480

Figura 7.

Diagrama de Pareto para la variable dureza de la gelatina Vegetal

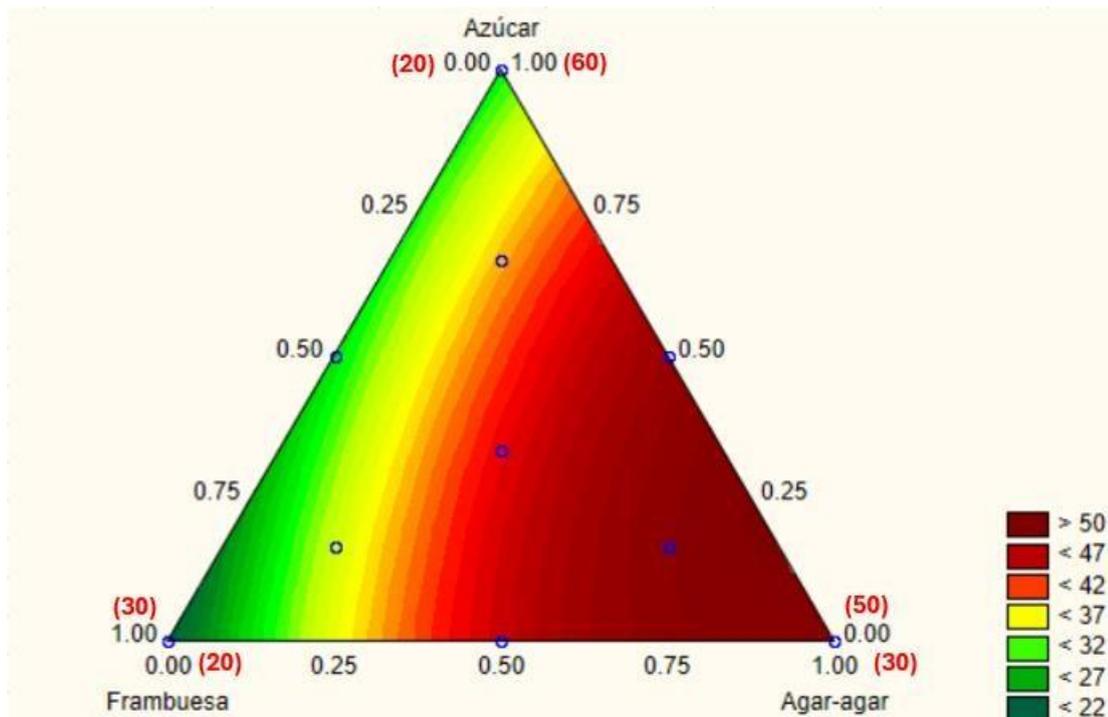


En la Figura 8 se observa que las gelatinas que contenían mayor porcentaje de agar – agar tenían mayor dureza, claramente se observa en la región rojo intenso, en esta región se ubica la dureza mayor a 50, y viene a ser la región de máxima dureza (Caipo et al., 2015); de acuerdo con los resultados (Tabla 4) la formulación (M3) obtuvo mayor dureza (52 g), la misma que estuvo conformada por 30 % de agar - agar, 20 % frambuesa de y 50 % de azúcar. La concentración de agar – agar se relaciona directamente con la dureza de la gelatina, debido a que la agarosa es la que le da la consistencia al gel, por tanto cuando la concentración de agar – agar es menor la red de agarosa es menos densa, resultado en un gel más blando, mientras que al aumentar la concentración de agar – agar se forman más hebras de agarosa y la red tridimensional se vuelve más densa y rígida; debido a la mayor disponibilidad de moléculas de agarosa para interactuar y formar una estructura de gel más compacta y fuerte; el incremento en la densidad de la red de polímeros permite la formación de más enlaces de hidrogeno y más puntos de contacto entre las moléculas, reforzando la red, una red más densa restringe el

movimiento del agua atrapada dentro del gel contribuyendo a una mayor rigidez (Burey et al., 2008; Mao et al., 2017; Rhein-y Meyer, 2021).

Figura 8.

Gráfico de contorno para la variable dureza de la gelatina Vegetal



En la Tabla 10 se presenta los valores porcentuales de cada ingrediente que optimizan la dureza, determinados por el valor crítico son los siguientes: 18.96 % de frambuesa, 28.23 % de agar – agar y 52.81 % de azúcar, con esta mezcla se obtiene un valor de 52.37 g de dureza, este valor está dentro del rango establecido para gelatinas, este caso de aplicación de diseño de mezclas permite optimizar la dureza de la gelatina, y constituye una herramienta que muy importante en la industria alimentaria ya que permitirá satisfacer las exigencias de los consumidores por nuevos y mejores productos alimenticios. La industria alimentaria, debe responder a estas exigencias optimizando la calidad sensorial de sus productos, lo que se traduce en maximizar o minimizar el valor de los parámetros evaluados del alimento obtenido

a partir de ciertos ingredientes, sin que ello genere un costo excesivo en la producción, en este caso se maximizó la dureza de la gelatina ya que se busca obtener una gelatina con mayor dureza (Caipo et al., 2015). En esta investigación se observa claramente que la dureza aumentó cuando la concentración de agar – agar fue mayor debido a la capacidad que este tiene para formar una red tridimensional de gel más densa y estable. Esto ocurre porque las moléculas de agar-agar, compuestas principalmente por agarosa, forman enlaces de hidrógeno y se asocian entre sí al enfriarse, lo que resulta en una estructura de gel más rígida y resistente. Cuanto mayor es la concentración de agar-agar, más enlaces se forman, fortaleciendo la red y aumentando la dureza del gel final (Yin et al, 2018). Esto fue evidenciado en la presente investigación.

Tabla 10

Optimización mediante la función valor crítico para la variable dureza

Factor	Mínimo observado	Valores críticos	Máximo observado
Frambuesa	0.200000	0.189577	0.300000
Agar- Agar	0.200000	0.282295	0.300000
Azúcar	0.500000	0.528127	0.600000

4.1.3. Evaluación de la resiliencia

Los resultados de resiliencia se muestran en la Tabla 4 donde se observa que varío entre 0.34 y 0.73 estos valores son adimensionales ya que se encuentra en unidades de área/área porque es interpretada como la capacidad de una muestra de gelatina para recuperar su forma original después de haber sido deformada, en este estudio la resiliencia fue obtenida directamente por lectura del texturometro. Estos resultados son mayores a los reportados por Pereira y Santos (2020) quienes reportaron valores menores a 0.2 asegurando que estos valores son significativamente iguales a las propiedades de las gelatinas comerciales, esta diferencia posiblemente se debe a la materia prima utilizada ya que en este estudio los autores usaron

hidrolizado de proteínas de espirulina en gelatina. También se podría decir que estas diferencias posiblemente se deben a las propiedades tecnológicas que tiene cada materia prima empleada como gelificante en la formulación de gelatina. Según la Figura 9 todos los componentes influyen en la resiliencia de la gelatina; por ejemplo, la concentración de agar – agar afecta directamente la rigidez y elasticidad del gel, alta concentración de agar – agar la red formada por el polímero resulta más densa y rígida proporcionando mayor resistencia a la deformación del gel y una mejor capacidad de recuperación después de la deformación. Un estudio realizado por Casas y Pardo (2005) demostró que, al aumentar la concentración de gelificante, la resistencia a la compresión y la capacidad de recuperación del gel aumentaron significativamente.

Se puede observar en la Tabla 11 que el modelo cubico posee valor de $p > 0.05$, es decir no presenta significancia y por lo tanto no es válidos, sin embargo, al observar los parámetros para el modelo cuadrático y lineal, estos expresan significancia puesto que $p < 0.05$, pero solo del modelo cuadrático el valor de R^2 sobrepasa el 80 % necesario (Caipo et al., 2015). Por tanto, es el modelo elegido por tener un valor de significancia más próximo al nivel de confianza ($p < 0.05$), pese a que el coeficiente de determinación es menor ($R^2 = 0.90$) al que presenta el modelo cubico ($R^2 = 0.94$)

En la Tabla 12 se muestra a los coeficientes del modelo cuadrático que es el que más se ajusta ($R^2 = 90\%$) al comportamiento de la variable de respuesta (resiliencia), se observa que el efecto de las interacciones de las variables es significativo dado que sus valores de p son menores que 0.05, A partir de estos datos se obtiene un modelo matemático, en el cual se consideran todas las variables, expresado de la siguiente manera:

$$\text{Dureza} = + 0.3395 * (\text{Frambuesa}) + 0.6795 * (\text{Agar} - \text{Agar}) + 0.3804 * (\text{Azúcar}) + 0.8343 * (\text{Frambuesa}) * (\text{Agar} - \text{Agar}) + 0.0762 * (\text{Frambuesa}) * (\text{Azúcar}) + 0.6762 * (\text{Agar} - \text{Agar}) * (\text{Azúcar}) \dots \dots \dots (\text{Ec. 3})$$

Los signos positivos (+) en los coeficientes del modelo indican sinergia, mostrando que los efectos combinados o de interacción entre los ingredientes generan respuestas mayores cuando se mezclan. Al evaluar los coeficientes del modelo cuadrático se observó que los tres ingredientes individualmente influyen positivamente en la resiliencia del mismo modo que sus interacciones duales. Por su parte, Velásquez et al. (2014) mencionan que las sinergias y antagonismos son notorios cuando para explicar la variable respuesta en un experimento se eligen los modelos cuadráticos y cúbicos (cuyas ecuaciones cuentan con elementos de interacción entre las variables).

Tabla 11

Significancia de los modelos lineal, cuadrático y cubico especial para la variable resiliencia

Modelo	SC	GL	CM	SC Error	SC Error	SC Error	F	P	R ²	R ² Ajustado
Lineal	0.16	2.00	0.08	0.09	9.00	0.01	7.62	0.01	0.63	0.55
Cuadrático	0.07	3.00	0.02	0.02	6.00	0.00	5.80	0.03	0.90	0.83
Cubico especial	0.01	1.00	0.01	0.02	5.00	0.00	2.33	0.19	0.94	0.86
Total ajustado	0.25	11.00	0.02							

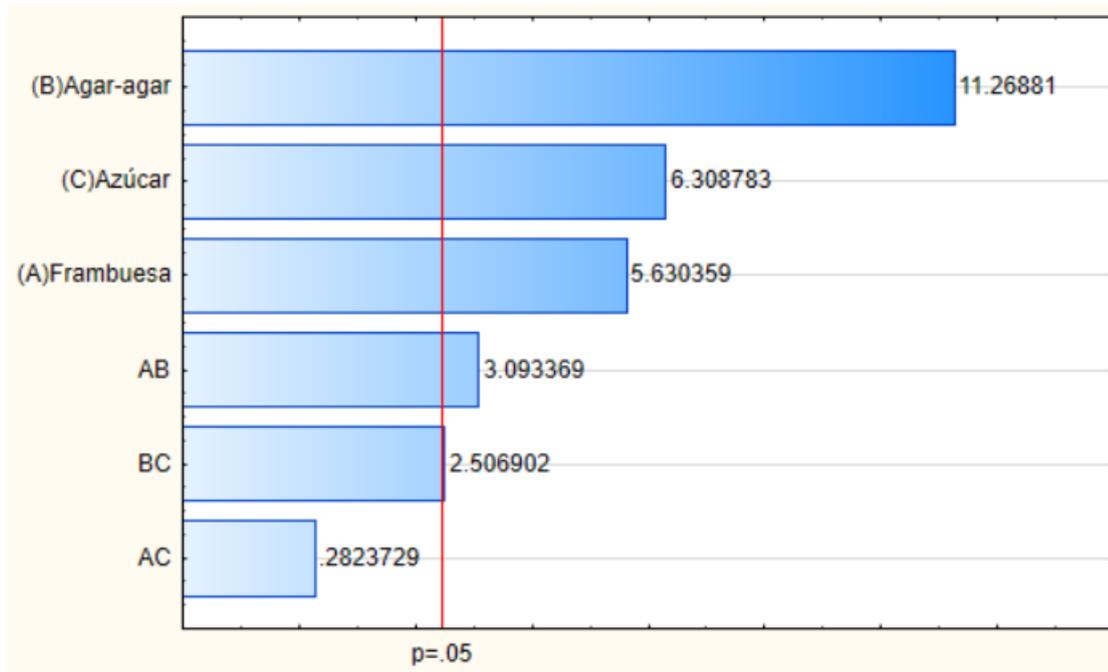
Tabla 12

Coefficientes de regresión para resiliencia en un modelo cuadrático (R2 = 0.90; R2 Ajustado = 0.83)

Factor	Coefficiente	Error estándar	T	P	-95. % Cnf.Limt	+95. % Cnf.Limt
(A) Frambuesa	0.339512	0.060300	5.63036	0.001343	0.191963	0.487061
(B) Agar -Agar	0.679512	0.060300	11.26881	0.000029	0.531963	0.827061
(C) Azúcar	0.380421	0.060300	6.30878	0.000740	0.232872	0.527970
AB	0.834343	0.269720	3.09337	0.021296	0.174362	1.494324
AC	0.076162	0.269720	0.28237	0.787145	-0.583819	0.736143
BC	0.676162	0.269720	2.50690	0.046096	0.016181	1.336143

Figura 9.

Diagrama de Pareto para la variable resiliencia de la gelatina Vegetal

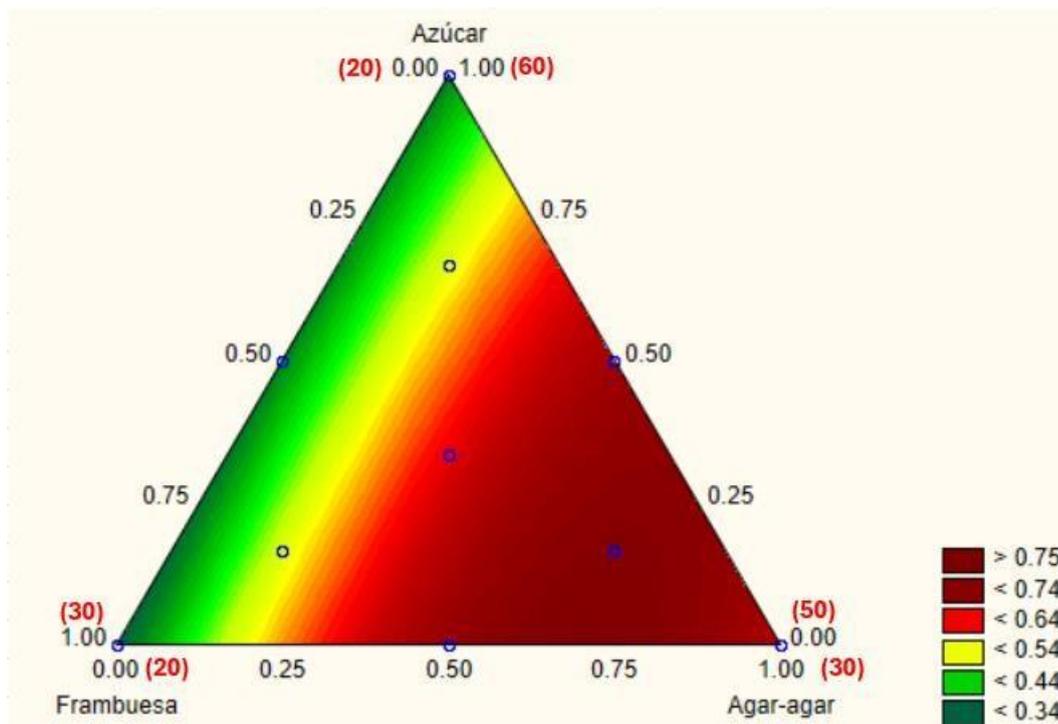


En la Figura 10 se observa que las gelatinas que contenían mayor porcentaje de agar – agar tenían mayor resiliencia, claramente se observa en la región rojo intenso, en esta región se ubica la resiliencia mayor a 0.75, de acuerdo con los resultados (Tabla 4) el ensayo con mayor valor fue M2 con una resiliencia de 0.73, la misma que estuvo conformada por 23.33 % de agar - agar, 23.33 % frambuesa de y 53.33 % de azúcar. Mientras que la muestra con el porcentaje más alto de agar – agar alcanzo una resiliencia de 0.71, cabe mencionar que la concentración de frambuesa influye en la resiliencia mientras más baja sea esta, la gelatina preserva mejor su estructura, debido a que al tener menor cantidad de ácidos orgánicos habrá un impacto reducido en el pH, lo que ayuda a mantener la integridad del gel de agar – agar; es importante llegar a una concentración optima ya que una elevada concentración de frambuesa puede debilitar la red de agar-agar, mientras que muy poca puede no aprovechar los beneficios de la pectina (Sasi et al., 2024). Por otro lado, la concentración de azúcar influye debido a que tiene una alta capacidad de retención de agua, lo que puede afectar la disponibilidad de agua

para la formación de la red de gel de agar – agar, una mayor concentración de azúcar puede reducir la cantidad de agua libre, generando una gelatina más firme y mejorando la resiliencia (Barrangou et al., 2006).

Figura 10.

Gráfico de contorno para la variable resiliencia de la gelatina Vegetal



En la Tabla 13 se presenta los valores porcentuales de cada ingrediente que optimizan la resiliencia, determinados por el valor crítico son los siguientes: 26.41 % de frambuesa, 27.60 % de agar – agar y 45.99 % de azúcar, con esta mezcla se obtiene un valor de máximo de resiliencia (0.76), las gelatinas con valores altos de resiliencia tienen una textura más sólida y estable.

Tabla 13*Optimización mediante la función valor crítico para la variable resiliencia*

Factor	Mínimo observado	Valores críticos	Máximo observado
Frambuesa	0.200000	0.264068	0.300000
Agar- Agar	0.200000	0.276003	0.300000
Azúcar	0.500000	0.459930	0.600000

4.1.4. Evaluación de la fuerza de adhesividad

Los resultados de la fuerza de adhesividad de las muestras de gelatina se muestran en la Tabla 4, donde se observa que variaron entre 3 y 9 g, esta cantidad es la fuerza requerida para romper una adhesión entre dos superficies. en la Tabla 4 se observa que la fuerza de adhesividad varía según la concentración de los componentes, en la Figura 11 se observa que el componente con mayor influencia es el agar – agar a medida que la concentración sube mayor es la fuerza de adhesividad, esto concuerda con la literatura una red más densa proporciona más puntos de contacto y una mayor cohesión interna, lo que aumenta la fuerza de adhesividad del gel (Rodríguez, 2014). Por otro lado, la adición de frambuesa puede influir significativamente tal como se observa en la Tabla 15 ya que esta contiene agua, fibras, pectinas, azúcares y ácidos, estos componentes pueden interactuar con la red de agar - agar, afectando su estructura y propiedades. Así mismo la concentración de azúcar en una gelatina a base de agar - agar afecta la fuerza de adhesividad de manera significativa. Aumentar la concentración de azúcar generalmente mejora la adhesividad al incrementar la viscosidad y la cohesión interna del gel. Sin embargo, es importante mantener un equilibrio, ya que concentraciones excesivamente altas de azúcar pueden hacer que el gel se vuelva demasiado rígido y menos efectivo en términos de adhesividad (Ellis et al., 2019).

En la Tabla 14 se muestra el análisis de varianza de los modelos de regresión de la adhesividad de tipo lineal, cuadrático y cubico, los valores arrojados son: p de 0.04, 0.01, 0.50

y R² de 0.52, 0.93 y 0.94 respectivamente. Se puede notar que los modelos tanto cuadrático como cubico tienen un valor R² muy alto (>0.80) que indica que el modelo permite predecir adecuadamente la respuesta en este tipo de experimentos (Aredo et al., 2013), sin embargo fue elegido el modelo cuadrático por ser el único que tiene efecto estadístico significativo (p <0.05) y R² > 0.80

En la Tabla 15 se muestra a los coeficientes del modelo cuadrático que es el que más se ajusta (R² = 93 %) al comportamiento de la variable de respuesta (adhesividad), se observa que el efecto de las interacciones de las variables es significativo dado que sus valores de p son menores que 0.05, A partir de estos datos se obtiene un modelo matemático, en el cual se consideran todas las variables, siendo expresado de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Dureza} = & + 5.7879 * (\text{Frambuesa}) + 9.2424 * (\text{Agar} - \text{Agar}) + 5.9697 * (\text{Azúcar}) - 7.2727 * \\ & (\text{Frambuesa}) * (\text{Agar} - \text{Agar}) - 13,8182 * (\text{Frambuesa}) * (\text{Azúcar}) - 2.9091 * (\text{Agar} - \text{Agar}) * \\ & (\text{Azúcar}) \dots\dots\dots (\text{Ec. 4}) \end{aligned}$$

Los signos positivos (+) en los coeficientes del modelo indican sinergia, mostrando que los efectos combinados o de interacción entre los ingredientes generan respuestas mayores cuando se mezclan. Asimismo, el signo negativo implica antagonismo entre los ingredientes, es decir que expresan respuestas menores en la adhesividad de la gelatina. Al evaluar los coeficientes del modelo cuadrático se observó que los tres ingredientes individualmente influyen positivamente en la resiliencia, mientras que sus interacciones duales no lo hacen.

La Tabla 15 y en la Figura 11 se observa que la frambuesa, el agar – agar y el azúcar de manera independiente, así como la combinación de estos componentes tienen influencia significativa p<0.05,

Tabla 14

Significancia de los modelos lineal, cuadrático y cubico especial para la variable adhesividad

Modelo	SC	GL	CM	SC Error	SC Error	SC Error	F	P	R ²	R ² Ajustado
Lineal	19.11	2.00	9.56	17.56	9.00	1.95	4.90	0.04	0.52	0.41
Cuadrático	15.07	3.00	5.02	2.48	6.00	0.41	12.13	0.01	0.93	0.88
Cubico especial	0.24	1.00	0.24	2.24	5.00	0.45	0.53	0.50	0.94	0.87
Total ajustado	36.67	11.00	3.33							

Tabla 15

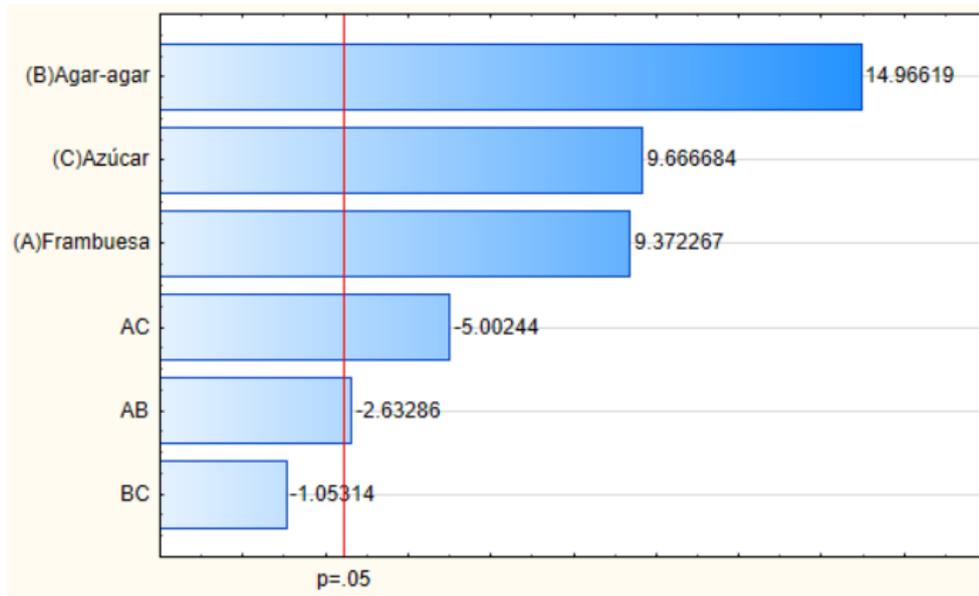
Coefficientes de regresión para adhesividad en un modelo cuadrático (R² = 0.93; R² Ajustado

= 0.88)

Factor	Coefficiente	Error estándar	T	P	-95. % Cnf.Limt	+95. % Cnf.Limt
(A) Frambuesa	5.7879	0.617554	9.37227	0.000084	4.2768	7.29898
(B) Agar - Agar	9.2424	0.617554	14.96619	0.000006	7.7313	10.75352
(C) Azúcar	5.9697	0.617554	9.66668	0.000070	4.4586	7.48080
AB	-7.2727	2.762289	-2.63286	0.038910	-14.0318	-0.51365
AC	-13.8182	2.762289	-5.00244	0.002446	-20.5773	-7.05910
BC	-2.9091	2.762289	-1.05314	0.332827	-9.6682	3.84999

Figura 11.

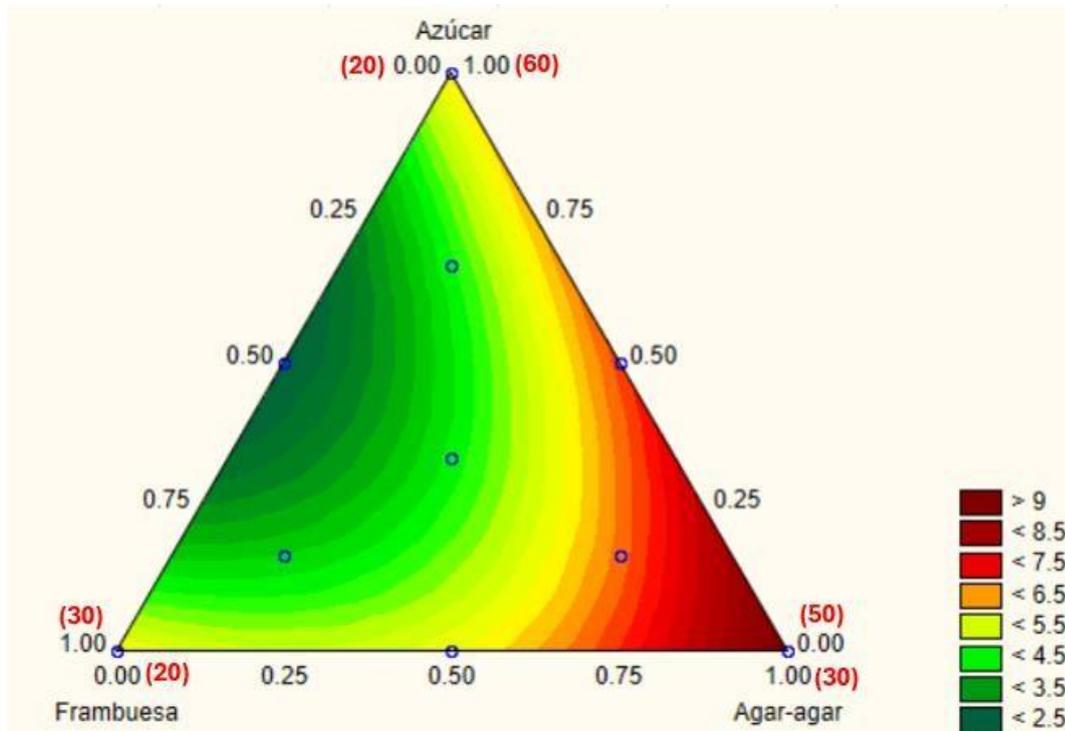
Diagrama de Pareto para la variable adhesividad de la gelatina Vegetal



En la Figura 12 se observa que las gelatinas que contenían mayor porcentaje de agar – agar tenían mayor adhesividad, claramente se observa en la región rojo intenso, en esta región se ubica la resiliencia mayor a 9, de acuerdo con los resultados (Tabla 4) el ensayo con mayor valor fue M3 con una resiliencia de 9, la misma que estuvo conformada por 30 % de agar - agar, 20 % frambuesa de y 50 % de azúcar. Esto se debe a que el agar - agar es el principal agente gelificante en la mezcla, forma la matriz tridimensional que da estructura y cohesión al gel; a altas concentraciones de agar - agar, esta matriz es más densa y sólida, proporcionando una base fuerte y cohesiva que es fundamental para la adhesividad.

Figura 12.

Gráfico de contorno para la variable Adhesividad de la gelatina Vegetal



En la Tabla 16 se presenta los valores porcentuales de cada ingrediente que optimizan la adhesividad, determinados por el valor crítico son los siguientes: 20 % de frambuesa, 20.1 % de agar – agar y 59.9 % de azúcar, con esta mezcla se obtiene un valor de 5.97 g de adhesividad, optimizar la adhesividad de la gelatina es crucial para asegurar la calidad, funcionalidad y aceptabilidad de productos, por estas razones, es fundamental investigar y ajustar los parámetros que influyen en esta propiedad para desarrollar productos superiores y satisfacer las demandas del mercado (Caipo et al., 2015). Según Liu et al. (2019) la optimización de la adhesividad en una gelatina depende del uso final, de cómo deseamos especificar este producto, por ejemplo, si se desea consumir como un postre y se requiere una textura firme entonces es importante maximizar la adhesividad mientras que si se desea para productos que requieren ser fácilmente separables se debe ajustar los componentes para

minimizar la adhesividad. En este estudio la gelatina vegetal se desea presentar como un postre por lo tanto se máximo esta propiedad.

Tabla 16

Optimización mediante la función valor crítico para la variable adhesividad

Factor	Mínimo observado	Valores críticos	Máximo observado
Frambuesa	0.200000	0.200000	0.300000
Agar- Agar	0.200000	0.201000	0.300000
Azúcar	0.500000	0.599000	0.600000

V. CONCLUSIONES

- Se evaluaron las proporciones de frambuesa, agar-agar y azúcar en la elaboración de una gelatina vegetal, obteniendo pH entre 5.88 y 6.45. Los tres componentes afectaron significativamente el pH ($p < 0.05$), siendo el azúcar el componente más influyente. Con la proporción óptima de 23.51 % frambuesa, 24.34 % agar-agar y 51.14 % azúcar, se alcanzó un pH de 5.9, dentro del rango adecuado para gelatinas. El modelo cuadrático fue el más adecuado para describir el comportamiento del pH, con un R^2 de 0.83 y un R^2 ajustado de 0.69.
- Las propiedades texturales de la gelatina vegetal, como la dureza, resiliencia y fuerza de adhesividad, fueron significativamente afectadas ($p < 0.05$) por las proporciones de frambuesa, agar-agar y azúcar, siendo el agar-agar el componente más influyente. A mayor proporción de agar-agar, mayores son los valores de estas propiedades: la dureza osciló entre 30 y 52 g, la resiliencia entre 0.34 y 0.73, y la fuerza de adhesividad entre 3 y 9 g. Los valores óptimos obtenidos fueron 52.37 g de dureza con una mezcla de 18.96 % frambuesa, 28.23 % agar-agar y 52.81 % azúcar; una resiliencia de 0.76 con 26.41 % frambuesa, 27.60 % agar-agar y 45.99 % azúcar; y una fuerza de adhesividad de 5.97 g con 20 % frambuesa, 20.1 % agar-agar y 59.9 % azúcar.

VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar las características organolépticas de las formulaciones de gelatina vegetal mediante análisis sensorial.
- Debido a que la región óptima en todas las variables salió en las esquinas del triángulo, formular muestras con porcentajes superiores respecto a los niveles máximos y mínimos de cada componente, es bien sabido que un diseño de mezclas muestra la optimización de los componentes de una combinación, cuando la región óptima se ubica en la parte central de la superficie quiere decir que los resultados se encuentran en un punto intermedio entre los niveles mínimos y máximos de los componentes considerados, sin embargo cuando esta región óptima se ubica en las esquinas de la superficie, quiere decir que las mejores combinaciones de los componentes se encuentran cerca de los niveles mínimos y máximos de los factores evaluados.
- Realiza un análisis comparativo entre la gelatina vegetal ya estudiada y las gelatinas convencionales que contienen gelatina animal. Esto permitirá destacar las diferencias en características fisicoquímicas, como las propiedades texturales, lo cual proporcionará una perspectiva más completa sobre el potencial de las gelatinas vegetales en el mercado.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta Lescano, W. (2023). Optimización de hidrólisis básica para la obtención de gelatina a partir de virutas cromadas provenientes de una curtiembre de la ciudad de Ambato. *Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato. Ecuador*, 1–66.
- Aita-Ramírez-Gastón, R. (2007). La frambuesa peruana: una oportunidad prometedora. *Ingeniería Industrial*, 0(025), 151. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2007.n025.616>
- Aredo, V., Arteaga, A., Benites, C., Gamboa, D., Gerónimo, W., Meléndez, M., Ibáñez, D., & Velásquez, L. (2013). Osmotic dehydration of olluco (*Ullucus tuberosus*) with and without coating at different concentrations of sodium chloride and sucrose. *Agroindustrial Science*, 2, 125–135. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2013.02.06>
- Auria Arevalo, E. E., & Solórzano Casanova, H. J. (2015). Estudio de Factibilidad para la Producción y Comercialización de Gelatina Elaborada a base de Ciruelas en la Ciudad de Guayaquil. *Tesis de Pregrado, Universidad de Guayaquil. Ecuador*, 136.
- Ayala, B., Adrianzén, D., Chaupis, D., Moscol, Y., & Rufino, J. (2018). Diseño del proceso productivo de gelatina como complemento alimenticio, a partir de la harina de Tocosh de papa, en el Distrito de Piura. *Universidad De Piura*, 154. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3840/PYT_Informe_Final_Proyecto_GELATINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Badui Dergal, S. (2006). *Química de los Alimentos* (PEARSON (ed.); Cuarta Edi).
- Barrangou, L. M., Daubert, C. R., & Foegeding, E. A. (2006). Textural properties of agarose gels. I. Rheological and fracture properties. *Food Hydrocolloids*, 20(2-3 SPEC. ISS.), 184–195. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.02.019>
- Bautista Mendoza, M. A. (2018). Efecto de la temperatura de almacenamiento en el perfil de

textura e índice de maduración del queso mantecoso. *Tesis de Pregrado, Universidad Privada Cesar Vallejo. Perú.*

https://www.researchgate.net/publication/283352303_Analisis_del_Perfil_de_Textura_en_Frutas_Productos_Carnicos_y_Quesos

Bazauri Bazán, A. A. (2022). ANALISIS SENSORIAL Y PROXIMAL PARA DETERMINAR LA ACEPTABILIDAD EN UNA GELATINA A BASE DE CUSHURO (*Nostoc commune*) Y MARACUYÁ (*Passiflora edulis*). *Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca. Perú*, 99. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/493>

Bórquez, R. M., Canales, E. R., & Redon, J. P. (2010). Osmotic dehydration of raspberries with vacuum pretreatment followed by microwave-vacuum drying. *Journal of Food Engineering*, 99(2), 121–127. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.02.006>

Burey, P., Bhandari, B. R., Howes, T., & Gidley, M. J. (2008). Hydrocolloid gel particles: Formation, characterization, and application. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(5), 361–377. <https://doi.org/10.1080/10408390701347801>

Caipo, Y., Gutiérrez, A., & Julca, A. (2015). Optimization by mixtures design of the acceptability of an energy bar from quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*) and cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) evaluated in children. *Agroindustrial Science*, 5(1), 61–67. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2015.01.06>

Casas Alencáster, N. B., & Pardo García, D. G. (2005). Analisis De Perfil De Textura Y Propiedades De Relajacion De Geles De Mezclas Almidon De Maiz Ceroso Entrecruzado-Gelana. *Revista Mexicana De Ingenieria Química*, 4, 16.

Celi Fernandez, M. M. (2019). Evaluación y caracterización de un snack deshidratado a base de agar agar (*gelidium cartilagineum*), pulpa de arándano (*vaccinium myrtillus*) y extracto de yacón (*Smallanthus Sonchifolius*) en la región Piura, Perú 2018. *Tesis de Pregrado*,

Universidad Nacional de Piura. Perú, 226.

Chang, F., Zhang, L., Dong, Q., Luan, H., Jia, P., Qi, G., Guo, S., & Zhang, X. (2023). The anatomical structure character of raspberry stems is a key factor affecting its cold resistance. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 298, 152196. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2022.152196>

Chen, L., & Opara, U. L. (2013). Approaches to analysis and modeling texture in fresh and processed foods - A review. *Journal of Food Engineering*, 119(3), 497–507. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.06.028>

Constantino Suarez, M. I. (2022). Diseño del Proceso Productivo de Postre de Gelatina en Polvo. *Trabajo de Pregrado, Universidad Nacional San Luis de Gonzaga. Perú*, 36. <https://repositorio.unica.edu.pe/>

da Costa, J. N., Leal, A. R., Nascimento, L. G. L., Rodrigues, D. C., Muniz, C. R., Figueiredo, R. W., Mata, P., Noronha, J. P., & de Sousa, P. H. M. (2020). Texture, microstructure and volatile profile of structured guava using agar and gellan gum. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 20(October 2019), 100207. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100207>

Díaz Pérez, Y. M. (2020). Crecimiento y Rendimiento del Cultivo de Frambuesa (*Rubus ideaus* L.) a la Aplicación de Estimulantes. *Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México*, 49.

Durán Agüero, S., Cordon A., K., & Rodríguez N., M. del P. (2013). Edulcorantes no nutritivos, riesgos, apetito y ganancia de peso. *Revista Chilena de Nutricion*, 40(3), 309–314. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182013000300014>

Ellis, A. L., Mills, T. B., Norton, I. T., & Norton-Welch, A. B. (2019). The effect of sugars on

- agar fluid gels and the stabilisation of their foams. *Food Hydrocolloids*, 87(February 2018), 371–381. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.027>
- Ferreira, L. S., Silva, T. R., Santos, J. R. D., Silva, V. D., Raimundo, R. A., Morales, M. A., & Macedo, D. A. (2019). Structure , magnetic behavior and OER activity of CoFe₂O₄ powders obtained using agar-agar from red seaweed (Rhodophyta). *Materials Chemistry and Physics*, 237(April), 121847. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.121847>
- García Rubio, J. C., García Gonzáles de Lena, G., & Ciordia Ara, M. (2014). *El cultivo del frambueso*.
- Gargate Lopez, J. L. (2019). EFECTO DE LA FITOHORMONA AIB Y MICROORGANISMOS EFICACES (EM) EN EL PRENDIMIENTO DE ESQUEJES DE LA FRAMBUESA (Rubus idaeus L.) A NIVEL INVERNADERO EN LA PROVINCIA DE HUARAZ – ANCASH. *Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Santiago Antunez De Mayolo. Perú, 043, 1–145*. http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2484/T033_45522655_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- GMIA. (2019). GMIA Handbook. *Gelatin Handbook*, 25.
- Gomez-Guillen, M. C., Gimenez, B., Lopez-Caballero, M. E., & Montero, M. P. (2011). Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food Hydrocolloids*, 25(8), 1813–1827. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.02.007>
- Guzmán Girón, R. N., & Molina Violantres, Y. S. (2014). *Formulación de una mezcla en polvo para preparar un postre de gelatina a base de almidón de maíz*. 41. [http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/1677/1/FORMULACIÓN DE UNA MEZCLA EN POLVO PARA PREPARAR GELATINA.pdf](http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/1677/1/FORMULACIÓN_DE_UNA_MEZCLA_EN_POLVO_PARA_PREPARAR_GELATINA.pdf)

- Larrahondo, J. E. (2013). Definición y alcances de la alcoquímica: la calidad de las materias primas y su impacto en el proceso alcoquímico. *III Congreso AETA*, 10. <http://www.aeta.org.ec/pdf/fabrica/Larrahondo, J. Definicion y alcances de la alcoquimica.pdf>
- Llerena Oñate, K. P. (2021). Uso de agar-agar para la elaboración de gelatinas transparente talladas en 3D. *Magazine de Las Ciencias: Revista de Investigación e Innovación*, 6(2), 44–54. <https://doi.org/10.33262/rmc.v6i2.1249>
- Macário, I. P. E., Veloso, T., Romão, J., Gonçalves, F. J. M., Pereira, J. L., Duarte, I. F., & Ventura, S. P. M. (2022). Metabolic composition of the cyanobacterium *Nostoc muscorum* as a function of culture time: A ¹H NMR metabolomics study. *Algal Research*, 66(December 2021). <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102792>
- Maldonado, S., & Singh, C. (2008). Efecto de gelificantes en la formulación de dulce de yacón. Efeito de gelificante na formulação do doce do yacon. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(2), 429–434.
- Mao, B., Bentaleb, A., Louerat, F., Divoux, T., & Snabre, P. (2017). Heat-induced aging of agar solutions: Impact on the structural and mechanical properties of agar gels. *Food Hydrocolloids*, 64, 59–69. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.10.020>
- Mejía Abanto, D. M. (2016). EXTRACCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE ANTOCIANINAS EN FRAMBUESA (*Rubus idaeus* L.) A DIFERENTES TEMPERATURAS Y TIEMPOS DE EXTRACCIÓN. *Tesis de Porsgrado, Universidad Nacional De Cajamarca. Perú*, 58.
- Méndez Ventura, L. M. (2020). Manual de prácticas de Análisis de Alimentos. *Universidad Veracruzana*. <https://www.uv.mx/qfb/files/2020/09/Manual-Analisis-de-Alimentos-1.pdf>

- Morales Alcayaga, C. G. (2009). Frambueso (*Rubus ideaus* L.) morfología y clasificación. *INIA RAIHUEN. Chile*, 34.
- Pereira, A. M., & Santos, T. D. (2020). APLICAÇÃO DE HIDROLISADO PROTEICO DE *Spirulina* EM GELATINA. *Universidade Federal Do Rio Grande*, 53, 1–6.
- Porras Atencia, O. O. (2018). *Técnicas de Análisis Físicoquímico* (I. U. de la P.- UNIPAZ (ed.)). <https://unipaz.edu.co/assets/14.manual-de-analisis-fisico-tomo-ii.pdf>
- QUIMIPUR, S. L. U. (2014). *Ficha de datos de seguridad agar agar*. 1–5.
- Rhein-Knudsen, N., & Meyer, A. S. (2021). Chemistry, gelation, and enzymatic modification of seaweed food hydrocolloids. *Trends in Food Science and Technology*, 109, 608–621. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.052>
- Rodríguez Bombón, P. E. (2014). “SUSTITUCIÓN PARCIAL DE AGAR – AGAR POR GELATINA EN LA ELABORACIÓN DE GOMITAS CON PULPA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*). *Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato. Ecuador*, 257.
- Rodríguez Huamán, C. (2017). “ ELABORACIÓN DE UNA GELATINA EN POLVO ENRIQUECIDA CON FLAVONOIDEOS OBTENIDOS DEL MOSTO DE VINO DE VID (*Vitis vinífera*) VARIEDAD BORGONA ” – AREQUIPA 2017. *Tesis de Pregrado, Universidad Alas Peruanas. Perú*, 163.
- Salinas Moreno, Y., Amager Vargas, G., Peña Varela, G., & Ríos Sanchez, R. (2009). ÁCIDO ELÁGICO Y PERFIL DE ANTOCIANINAS EN FRUTOS DE FRAMBUESA (*Rubus ideaus* L.) CON DIFERENTE GRADO. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 15(1), 97–101.
- Samodien, E., Johnson, R., Pfeiffer, C., Mabasa, L., Erasmus, M., Louw, J., & Chellan, N. (2019). Diet-induced hypothalamic dysfunction and metabolic disease, and the

- therapeutic potential of polyphenols. *Molecular Metabolism*, 27(June), 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.molmet.2019.06.022>
- Sasi Rekha, V., Sankar, K., Rajaram, S., Karuppiah, P., Dawoud, T. M. S., Syed, A., & Elgorban, A. M. (2024). Unveiling the impact of additives on structural integrity, thermal and color stability of C-phycoerythrin – Agar hydrocolloid. *Food Chemistry*, 448(February), 139000. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139000>
- Siche, R., Aredo, V., Velásquez, L., & Castillo, I. (2016). El Diseño Simplex-Centroide y la Función de Deseabilidad en la optimización de la aceptabilidad sensorial de pan dulce enriquecido con Chenopodium quinoa (The Simplex-Centroid Design and Desirability Function in optimizing the sensory acceptability of sw. *Enfoque UTE*, 7, 70–81.
- Silva Santiesteban, G. E., & Noriega Monteverde, D. M. (2019). Estudio de Predictibilidad para la Instalación de una Planta de Gelatina a Base De Agar-Agar. *Tesis de Pregrado, Universidad de Lima. Perú*, 127.
- Simón, M. F. (2016). Elaboración de un Flan con Agar - Agar. *Tesis de Pregrado, Universidad FASTA. Argentina*, 98.
- Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13(4), 215–225. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8)
- Talens-Oliag, P. (2017). Caracterización de las propiedades mecánicas de alimentos mediante análisis de perfil de textura. *Universitat Politècnica de València*, 1–6.
<https://riunet.upv.es/handle/10251/83513>
- Vaz, B. da S., Moreira, J. B., Morais, M. G. de, & Costa, J. A. V. (2016). Microalgae as a new source of bioactive compounds in food supplements. *Current Opinion in Food Science*, 7, 73–77. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.12.006>

- Velásquez, L., Aredo, V., Caipo, Y., & Paredes, E. (2014). Optimization by mixtures design of the acceptability of an enriched cookie with quinoa (*Chenopodium quinoa*), soybean (*Glycine max*) and cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Agroindustrial Science, February*, 35–42. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2014.01.04>
- Xia, Q., Gu, M., Liu, J., Niu, Y., & Yu, L. (Lucy). (2018). Novel composite gels of gelatin and soluble dietary fiber from black bean coats with interpenetrating polymer networks. *Food Hydrocolloids*, 83, 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.04.043>
- Yin, Z. C., Wang, Y. L., & Wang, K. (2018). A pH-responsive composite hydrogel beads based on agar and alginate for oral drug delivery. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 43, 12–18. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2017.09.009>
- Yus Akrami, P. (2016). Edulcorantes Alimentarios y Su Importancia en la Alimentación. *Tesis de Pregrado, Universidad Complutense de Madrid*, 1–20.
- Zúñiga Hernández, L. A., Ciro Velásquez, H. J., & Osorio Saraz, J. A. (2007). Estudio de la dureza del queso Edam por medio de análisis de perfil de textura y penetrometría por esfera. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, 60(1), 3797–3811.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Panel de fotográfico



**Recepción de
frambuesa**



Selección de Frambuesa



Lavado



Proceso de deshidratación



Frambuesa deshidratada



Frambuesa molida



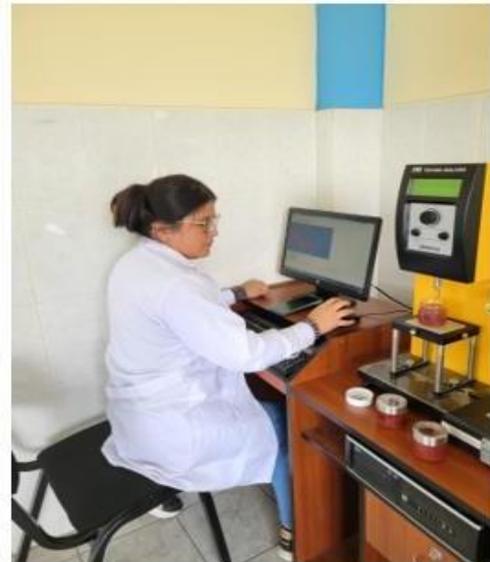
Formulaciones de gelatina en polvo



Muestras diluidas



Evaluación de pH



Texturómetro (evaluación de las propiedades texturales)